

# Estudi de l'eficàcia de diferents substrats i llevats en la fermentació alcohòlica



Pseudònim: star19

## **Resum**

Avui en dia, a causa de l'existència de diferents tipus i marques d'aliments, hi ha una gran varietat de maneres de dur a terme la fermentació alcohòlica dels llevats, que proporciona productes alimentaris tan comuns com el pa, la cervesa i el vi. Perquè es pugui produir aquesta reacció, el llevat necessita una solució d'aigua i glúcids. A més, hi ha endolcidors alternatius que es poden utilitzar en lloc dels glúcids com a conseqüència dels problemes que el seu elevat consum implica en la nostra salut. Així doncs, quina és la millor manera d'optimitzar la reacció de la fermentació alcohòlica dels llevats?

En aquesta investigació he estat estudiant l'eficàcia de diferents tipus de glúcids, marques de llevats químics, frescos i secs, i tipus d'edulcorants naturals i sintètics. També he investigat sobre la velocitat de reacció utilitzant diferents quantitats de llevat i glúcid en el procés.

La comparació s'ha fet mitjançant dos mètodes. En el primer, utilitzant un sensor de  $\text{CO}_2$  i, en el segon, he utilitzat una reacció en cadena amb una solució de NaOH i fenolftaleïna connectada per un tub al recipient on estava tenint lloc la reacció de fermentació.

En termes generals, d'aquesta investigació podem extreure que els glúcids són uns substrats més eficaços que els edulcorants alimentaris. A més, he arribat a la conclusió que amb la mateixa quantitat de cada tipus de glúcid, com menys monosacàrids el formen, més  $\text{CO}_2$  es produeix i que la velocitat de producció de  $\text{CO}_2$  és més elevada quan fem servir llevats químics i endolcidors sintètics, que si utilitzem llevat fresc i endolcidors naturals. Per últim, també he pogut concloure que, com més llevat i menys glúcid hi ha a la solució, la reacció s'optimitza.

## **Abstract**

Nowadays, due to the variety of different types and brands of food, there's a wide variety of ways to carry out the alcoholic fermentation of yeasts, which provides foodstuffs such as bread, beer and wine. In this process, yeasts need sugar and water, but there are even alternative sweeteners that are used instead of sugar as a consequence of the problems that its consum entails in our health. So, which is the best way to optimize the reaction of the alcoholic fermentation of yeasts?

In this research, I've been studying the efficiency of different types of sugar, brands of chemical, fresh and dried yeasts and types of natural and synthetic sweeteners. I've also investigated the reaction rate using different quantities of yeast and sugar in the process.

The comparison was done using two methods. The first one using a  $\text{CO}_2$  sensor and for the second method I used a chain reaction with a solution of NaOH and phenolphthalein connected to the container where the fermentation reaction was taking place.

In general terms, from my research we can find out that the sugar is more efficient than the

sweeteners. Also I can conclude that the less number of monosaccharides in sugar increases the reaction rate, that the synthetic sweeteners are more efficient than the natural ones, that the reaction rate is higher when we use chemical yeasts and that using more yeast and less sugar, the reaction is optimized.

# ÍNDEX

Resum / Abstract

<b>INTRODUCCIÓ</b>	<b>5</b>
<b>PART TEÒRICA</b>	<b>7</b>
1. Els llevats	7
1.1. Què són?	7
1.2. Reproducció	8
1.3. Condicions de creixement	8
1.4. Espècies de llevat usades per a la fermentació	9
1.4.1. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	9
1.4.2. <i>Saccharomyces pastorianus</i>	10
1.4.3. <i>Saccharomyces bayanus</i>	10
1.4.4. <i>Kluyveromyces fragilis</i>	10
2. Els glúcids	10
2.1. Què són?	10
2.2. Tipus de glúcids	10
2.2.1. Monosacàrids	11
2.2.1.1. Els principals monosacàrids	12
2.2.2. Oligosacàrids	14
2.2.2.1. L'enllaç O-glicosídic	14
2.2.2.2. Els principals disacàrids	15
2.2.3. Polisacàrids	17
2.2.3.1. Els principals homopolisacàrids	17
3. Els endolcidors alternatius als glúcids	20
3.1. Introducció als endolcidors	20
3.2. Quins són?	22
4. La fermentació	25
4.1. Què és?	25
4.2. Les principals fermentacions	26
4.2.1. Fermentació làctica	26
4.2.2. Fermentació butírica	27
4.2.3. Fermentació pútrida	27
4.2.4. Fermentació propiònica	28
4.2.5. Fermentació alcohòlica	28
4.2.5.1. Usos al llarg de la història	29
4.2.5.2. A l'actualitat	29

<b>PART PRÀCTICA</b>	<b>31</b>
1. Objectius	31
2. Material	31
3. Metodologia	33
3.1. El sensor de CO <sub>2</sub>	33
3.2. La reacció en cadena	34
4. Experiments	35
4.1. Grups control	35
4.2. Experiment 1: Glúcids	36
4.3. Experiment 2: Endolcidors	38
4.4. Experiment 3: Llevats	39
4.5. Experiment 4: Quantitat de glúcid	41
4.6. Experiment 5: Quantitat de llevat	42
4.7. Experiment 6: La reacció en cadena	43
5. Resultats	46
<b>CONCLUSIONS</b>	<b>47</b>
1. Conclusions generals	51
2. Valoració personal	52
3. Recomanacions	53
<b>BIBLIOGRAFIA I BIBLIOGRAFIA WEB</b>	<b>54</b>
<b>ANNEX</b>	<b>57</b>

# INTRODUCCIÓ

Aquest treball tracta sobre la fermentació alcohòlica dels llevats. Avui en dia, es consumeixen molts productes derivats d'aquest tipus de fermentació. Alguns exemples són la cervesa, el pa, el vi, el whisky i la sidra. En aquest treball es pretén comparar l'eficàcia de diferents tipus de glúcids, d'endolcidors i de llevats en la fermentació alcohòlica. A més, s'estudiarà si la quantitat d'aquests influeix en la velocitat de producció de  $\text{CO}_2$  durant la fermentació alcohòlica.

S'entén que, quan en aquest treball parlo de la velocitat, em refereixo sempre a la velocitat de producció de  $\text{CO}_2$  en parts per milió/segon (ppm/s).

Els objectius que m'he plantejat a l'inici són els següents:

- Determinar quin és el glúcid que produeix més  $\text{CO}_2$  per unitat de temps en la reacció i fer-ho utilitzant dues metodologies diferents: una reacció en cadena i un sensor de  $\text{CO}_2$ .
- Determinar quin és l'endolcidor que produeix més  $\text{CO}_2$  per unitat de temps.
- Determinar quin és el llevat més eficaç en el procés de fermentació alcohòlica.
- Determinar quina és la quantitat de glúcid que optimitza la velocitat del procés de fermentació alcohòlica.
- Determinar quina és la quantitat de llevat que optimitza la velocitat del procés de fermentació alcohòlica.

El que m'ha motivat a portar a terme aquest treball ha estat el meu interès per la biologia i l'ús d'aliments més naturals en la dieta per tal de millorar la nostra salut.

Tot i que aquesta no va ser la meva proposta inicial de treball de recerca, quan la meva tutora me la va plantejar, em va semblar molt bona idea. Tenint en compte que actualment s'intenta disminuir el consum elevat de sucres i s'ha posat molt de moda l'ús d'endolcidors, vaig pensar que seria interessant comparar l'eficàcia d'aquests substrats.

A més, no he trobat treballs que comparin diferents endolcidors, i molt pocs que comparin tipus de llevats i glúcids a més de les quantitats utilitzades. Tampoc he trobat cap estudi que utilitzi un sensor de  $\text{CO}_2$  i menys una reacció en cadena com la que he utilitzat en el meu treball.

El cos del treball consta de dues parts ben diferenciades: el marc teòric i el marc pràctic. En el primer, es defineixen els llevats, els glúcids, els endolcidors i les principals fermentacions que existeixen. Es posen exemples de cadascun i s'explica la seva funció en la fermentació alcohòlica.

El marc pràctic és un estudi comparatiu que està dividit en 6 experiments que pretenen validar o refusar les hipòtesis citades a partir de la pàgina 36. La comparació s'ha fet mitjançant dos mètodes.

El primer és un mètode quantitatiu, en el qual s'ha utilitzat un sensor de  $\text{CO}_2$  que mesura la  $[\text{CO}_2]$  emesa (en ppm/s) durant la reacció en un període de temps determinat. De manera que com més elevada serà la quantitat del gas alliberat en el mateix temps, més eficaç serà el substrat. En aquest cas, s'han utilitzat diferents tipus de glúcids (glucosa, fructosa, sacarosa, lactosa, maltosa i midó), d'endolçadors (endolçadors sintètics líquid i sòlid, mel, mascabado, panela, estèvia, sucre morè, xarop d'atzavara i concentrat de poma) i de llevats (químics de la marca *Royal* i *Belbake*, deshidratat de la marca *Vahiné* i fresc de la marca *Levital*). També s'ha estudiat l'eficàcia de la sacarosa i el llevat químic *Royal* utilitzant-ne diferents quantitats (1 g, 2 g i 0,5 g).

El segon mètode s'ha fet a partir d'una reacció en cadena amb una solució de NaOH i fenolftaleïna connectada per un tub al recipient on té lloc la reacció de fermentació. Aquest experiment consisteix a acidificar la solució bàsica a base d'un dels productes de la reacció de la fermentació alcohòlica dels llevats, el  $\text{CO}_2$  (en barrejar-se amb aigua es forma una substància àcida, l'àcid carbònic). D'aquesta manera, desapareix el color lilós de la fenolftaleïna, ja que és un indicador de pH que presenta un color lilós quan la solució és bàsica i incolor quan és àcida. En aquest cas, com menys temps ha trigat la reacció a fer desaparèixer completament el color lilós de la fenolftaleïna, més eficaç és el substrat. En aquest experiment només s'han utilitzat els diferents tipus de glúcids anomenats anteriorment i s'ha comparat amb l'experiment del sensor de  $\text{CO}_2$ .

De manera que el meu estudi podria tenir una aplicació pràctica per als forners, per exemple per fer un pa més esponjós. Podria relacionar la producció de  $\text{CO}_2$  amb l'esponjositat; com més  $\text{CO}_2$  emès per unitat de temps, en principi, més esponjós serà el pa.

# PART TEÒRICA

## 1. Els llevats

### 1.1. Què són?

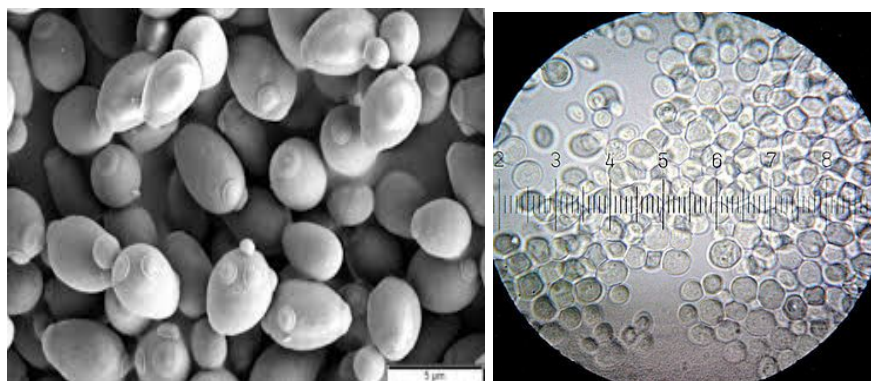
S'anomena llevat a un tipus de fong microscòpic i unicel·lular que pertany al grup dels ascomicets. Aquests són organismes eucariotes<sup>1</sup> i heteròtrofs<sup>2</sup> que mesuren 1-10 µm d'amplada per 2-3 µm de longitud.

Els llevats són quimioorganòtrofs<sup>3</sup>. S'alimenten de glúcids, però també de proteïnes i sals minerals.

A la natura es troben a la superfície de les plantes i al sòl. Normalment, a l'hivern es troben a la capa superficial de la terra i, a l'estiu, per mitjà de la pols, insectes i altres animals, són transportats a l'atzar.

Els llevats són anaerobis facultatius, això vol dir que si hi ha oxigen, respiraran, ja que obtindran més energia que fermentant. En canvi, si es troben en anaerobiosi<sup>4</sup>, fermentaran.

Hi ha moltes espècies diferents de llevats. Algunes tenen una gran importància econòmica ja que realitzen fermentacions industrials: la cervesa, el pa i el vi són productes derivats de les fermentacions dels llevats. En altres casos poden ocasionar malalties a diferents éssers vius. Per exemple, el peu d'atleta (una infecció per fongs del gènere *Trichophyton* a la pell que causa descamació i picor a les zones afectades) i la *Candida albicans* (una mena de llevat i agent causal d'una infecció oral i genital en humans).



Llevat observat al microscopi

---

<sup>1</sup> Cèl·lules eucariotes: cèl·lules que contenen embolcall nuclear.

<sup>2</sup> Organismes heteròtrofs: organismes que obtenen el carboni utilitzant com a font la matèria orgànica.

<sup>3</sup> Quimioorganòtrofs: organismes que utilitzen compostos orgànics com a font d'energia i de carboni.

<sup>4</sup> Anaerobiosi: és la condició de vida de diferents organismes, el metabolisme dels quals no requereix la presència d'oxigen.

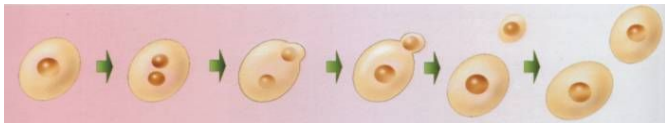


## 1.2. Reproducció

La seva reproducció pot ser asexual<sup>5</sup>, per gemmació, en condicions favorables, i sexual<sup>6</sup>, per producció d'espores, en condicions desfavorables (per exemple, quan els falten nutrients).

En circumstàncies de falta de nutrients, una colònia diploide<sup>7</sup> esporula per donar quatre espores haploides<sup>8</sup>; dues "a" i dues "α". Cada espora per separat pot germinar i donar lloc a una colònia haploide, que es reproduueix per gemmació de forma indefinida. Si es troben una cèl·lula "a" amb una "α", actuen com a gàmetes i es fusionen per donar lloc a un zigot que posteriorment germina i origina una colònia diploide.

En condicions favorables es dona el procés de gemmació, on es generen dues cèl·lules, una molt més gran que l'altra. Es produeix una protuberància anomenada gemma a partir d'un punt de la paret cel·lular. Simultàniament, el nucli de la cèl·lula mare es divideix i un dels nuclis fills passa a la gemma. Finalment, la gemma se separa i dona lloc a una altra cèl·lula filla genèticament igual al seu progenitor. Aquesta reproducció és la més ràpida.



Reproducció asexual per gemmació



Reproducció sexual per esporulació

## 1.3. Condicions de creixement

Els llevats són cèl·lules sense aigua, de manera que necessiten humitat per créixer i desenvolupar-se. Si no fos així, els seus enzims perdrien la seva funcionalitat per assecament.

Per a un bon creixement, la temperatura òptima dels llevats està al voltant dels 25 als 30 °C i la temperatura màxima es troba al voltant dels 35 als 47 °C.

El pH més favorable per al seu creixement es troba al voltant de 5, tot i que pot créixer en un rang de pH 3 a 7. En medis bàsics, amb pH superior a 7, no creixen bé.

Aquests organismes són anaerobis facultatius, creixen en condicions de falta d'oxigen.

<sup>5</sup> Reproducció asexual: és la capacitat d'un individu de propagar-se sense requerir la intervenció de cap altre organisme.

<sup>6</sup> Reproducció sexual: és un procés biològic mitjançant el qual els organismes originen descendents a través de la combinació de material genètic que normalment procedeix de dos individus de tipus sexuals diferents o de cèl·lules de tipus diferents.

<sup>7</sup> Cèl·lula diploide: que té dues sèries de cromosomes.

<sup>8</sup> Cèl·lula haploide: que conté un sol joc de cromosomes.

## 1.4. Espècies de llevat usades per a la fermentació

Existeixen més de 500 espècies de llevats, però no tots serveixen per a la fermentació. El llevat més utilitzat en aquest procés és el gènere *Saccharomyces*.

### 1.4.1. *Saccharomyces cerevisiae*

És un llevat que forma colònies de color crema o blanc, d'aparença humida i brillant, amb cèl·lules de forma rodona o ovalada.

És el tipus que més es fa servir en les indústries del pa, la cervesa, el vi i l'alcohol, ja que pot créixer en condicions adverses.

A la vegada, aquest organisme ha guanyat protagonisme al laboratori en convertir-se en un model biològic dels organismes eucariotes. El seu ràpid creixement, la gran facilitat a l'hora de modificar el seu genoma<sup>9</sup> i el fet que creix ràpid i fàcilment, ha estat clau a l'hora de triar aquest llevat com a eina per a la recerca i en les aplicacions biotecnològiques.

Pel que fa a la seva comercialització, es poden trobar tres tipus diferents de *Saccharomyces cerevisiae*:

- Llevat sec: ha estat deshidratat i conté llevats vius en repòs, fet pel qual no requereix cadena de fred per comercialitzar-se. Aquests es reactiven un altre cop quan, abans d'ésser barrejats a la massa, són introduïts en un medi aquós de 25-30 °C.
- Llevat fresc: és un llevat obtingut d'una fermentació que posteriorment es refrigera en forma de cubs, amb una textura de pasta comprimida. Tenen una vida útil d'unes poques setmanes.
- Llevat químic: es tracta de compostos químics capaços de generar gasos (generalment diòxid de carboni), tal com ho faria un llevat.
- Llevats naturals: són aquells que estan presents en el mateix cereal, o a l'atmosfera. Aquests llevats es caracteritzen per un procés de fermentació lent; proporcionen menys diòxid de carboni.



Llevat sec



Llevat natural



Llevat químic



Llevat fresc

<sup>9</sup> Genoma: és tot el material genètic contingut en els cromosomes d'un organisme.

### 1.4.2. *Saccharomyces pastorianus*

El llevat *Saccharomyces pastorianus* és un producte utilitzat en l'elaboració de cervesa descobert i emprat per la gran indústria danesa de cervesa anomenada Carlsberg.

Avui dia també s'empra aquest llevat en la investigació de certs processos de la glucòlisi<sup>10</sup>.

### 1.4.3. *Saccharomyces bayanus*

*Saccharomyces bayanus* és un llevat que s'utilitza fonamentalment en l'elaboració del vi (tant de vins negres, com blancs i rosats) i de la sidra.

Té una elevada resistència a l'alcohol.

### 1.4.4. *Kluyveromyces fragilis*

És una espècie de llevat utilitzat per a la fabricació d'alcohol a partir del sèrum de la llet.

## 2. Els glúcids

### 2.1. Què són?

Els glúcids són biomolècules orgàniques més abundants a la naturalesa formades per carboni (C), hidrogen (H) i oxigen (O).

Les unitats bàsiques (monòmers) per formar glúcids són els monosacàrids, que tenen una fórmula empírica  $C_nH_{2n}O_n$ , és a dir,  $(CH_2O)_n$ .

Se'ls anomena carbohidrats o hidrats de carboni perquè la proporció entre àtoms de carboni i molècules d'aigua és 1:1. Però aquesta designació no és gaire apropiat ja que no es tracta d'àtoms de carboni hidratats sinó d'àtoms de carboni units a grups carboxil i a radicals d'hidrogen. Aquesta denominació s'utilitza en aspectes relacionats amb la nutrició. També reben el nom de sucres, malgrat que no tots són dolços.

La glicobiologia és un camp de recerca que pretén comprendre i controlar els milers de tipus de glúcids.

### 2.2. Tipus de glúcids

Segons el nombre de monosacàrids que contenen, els glúcids poden ser:

Tipus de glúcid	Nombre de monosacàrids
MONOSACÀRID	1

<sup>10</sup> Glucòlisi: és una via metabòlica per la qual una molècula de glucosa és oxidada fins a dues molècules d'àcid pirúvic o piruvat.

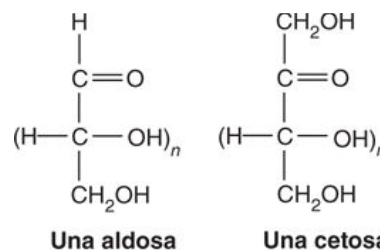
OLIGOSACÀRID Disacàrid	De 2 a 10 2
POLISACÀRID	Més de 10

A més, hi ha glúcids associats a altres tipus de molècules com els glicolípid, les glicoproteïnes, els peptidoglicans, els proteoglicans, els heteròsids...

### 2.2.1. Monosacàrids

Són els glúcids més senzills i els monòmers a partir dels quals es formen els altres glúcids. Estan formats per una cadena o diverses cadenes d'entre 3 i 8 àtoms de carboni. Un d'aquests està unit a un grup carbonil (que pot ser un grup aldehyd o cetona) i la resta a un grup hidroxil (-OH) i àtoms d'hidrogen.

- Seran aldoses si tenen com a grup carbonil un grup aldehyd (-CHO) al primer carboni.
- Seran cetoses si tenen com a grup carbonil un grup cetona (-CO-) en el carboni 2.



Exemple d'aldosa i de cetosa

Segons el nombre de carbonis que contenen, els monosacàrids reben un nom concret:

Nombre de carbonis	Prefix del monosacàrid
3	trioses
4	tetroses
5	pentoses
6	hexoses
7	heptoses
8	octoses

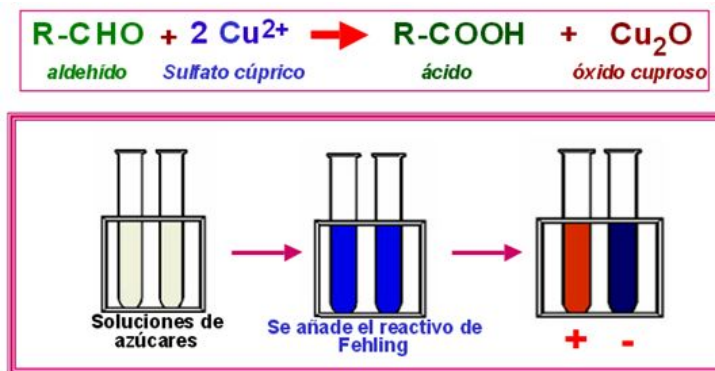
Les propietats que tenen els monosacàrids són les següents:

- Són sòlids cristal·lins.
- Són blancs o incoloros.

- Tenen gust dolç.
- Són solubles en aigua; els seus grups funcionals hidroxil, cetona i aldehid són polars i poden formar ponts d'hidrogen<sup>11</sup> amb l'aigua.
- Tenen activitat òptica; desvien el pla de la llum polaritzada<sup>12</sup>. Si ho fan cap a la dreta són dextrògirs i cap a la esquerra, levògirs.
- Són glúcids reductors<sup>13</sup> de Fehling<sup>14</sup>. Gràcies al poder reductor dels grups carbonil que contenen s'oxiden fàcilment. En aquesta reacció, el glúcid s'oxida mentre que el Fehling es redueix. El reactiu canvia de color blau a vermell/taronja quan la reacció dona positiu i blau quan dona negatiu.

Les funcions que duen a terme són:

- Funció energètica. Són les principals molècules a partir de les quals les cèl·lules obtenen energia.
- Funció estructural. Alguns monosacàrids formen part de molècules com l'ADN i l'ARN.
- Participen en la comunicació entre cèl·lules (actuen com a llocs de reconeixement i marcadors biològics).



Reacció de Fehling

### 2.2.1.1. Els principals monosacàrids

En la següent taula podem veure els principals tipus de monosacàrids que trobem a la natura:

<sup>11</sup> Pont d'hidrogen: és una interacció atractiva entre molècules.

<sup>12</sup> Llum polaritzada: tipus de llum caracteritzada perquè totes les seves ones vibren en un sol pla de l'espai.

<sup>13</sup> Sucre reductor: els monosacàrids són capaços d'oxidar-se (perdre electrons) davant d'altres substàncies que es redueixen (guanyen electrons).

<sup>14</sup> La reacció del Fehling s'utilitza tant per identificar monosacàrids com alguns disacàrids.

	Glucosa	Galactosa	Fructosa
<b>Fórmula química</b>	$C_6H_{12}O_6$	$C_6H_{12}O_6$	$C_6H_{12}O_6$
<b>Esquema</b>			
<b>Segons la seva estructura</b>	aldohexosa	aldohexosa	cetohexosa
<b>On es troba?</b>	Fruita, sèrum sanguini, cèl·lules És l'única font d'energia del cervell i se n'obté l'energia per fer les activitats cel·lulars És el monosacàrid més abundant	No es troba lliure a la natura  Forma part de la lactosa i de les glicoproteïnes de la membrana cel·lular	La fruita, la mel, el semen i alguns tubercles, arrels i bulbs com ara la remolatxa, el moniato, la xirivia i la ceba

	Ribosa	Desoxiribosa	Gliceraldehid	Dihidroxiacetona
<b>Fórmula química</b>	$C_5H_{10}O_5$	$C_5H_{10}O_4$	$C_3H_6O_3$	$C_3H_6O_3$
<b>Esquema</b>				
<b>Segons la seva estructura</b>	aldopentosa	aldopentosa	aldotriosa	cetotriosa
<b>On es troba?</b>	Forma part de l'ATP <sup>15</sup> o l'ARN <sup>16</sup>	Forma part de l'ADN <sup>17</sup>	És un intermediari en la degradació de la glucosa	És un intermediari en la degradació de la glucosa

<sup>15</sup> ATP: l'adenosina trifosfat és un nucleòtid fonamental en l'obtenció d'energia cel·lular.

<sup>16</sup> ARN: l'àcid ribonucleic és un àcid nucleic que s'encarrega de traslladar la informació genètica de l'ADN per tal de sintetitzar les proteïnes segons les funcions i característiques indicades.

<sup>17</sup> ADN: l'àcid desoxiribonucleic és un àcid nucleic que conté les instruccions genètiques utilitzades en el desenvolupament i funcionament de tots els éssers vius. Es troba al nucli de les cèl·lules.

## 2.2.2. Oligosacàrids

Són glúcids formats per la unió de dos a deu monosacàrids. Els més importants són els disacàrids, que es formen per la unió de dos monosacàrids mitjançant un enllaç covalent<sup>18</sup>. Però depenent de la quantitat de monosacàrids que els formen poden ser:

Quantitat de monosacàrids	Nom que reben
2	Disacàrids
3	Trisacàrids
4	Tetrasacàrids

Les propietats que tenen són les següents:

- Són sòlids.
- Acostumen a ser dolços.
- Són solubles en aigua.
- Poden cristal·litzar.
- Són reductors de Fehling quan presenten enllaç monocarbonílic.

Les funcions que fan aquests tipus de glúcids són:

- Funció energètica.
- Bona part dels oligosacàrids de tres o més monosacàrids formen molècules de glicolípid (glúcid + lípid) i glicoproteïnes (glúcid + proteïna). Aquests actuen com a receptors de membrana de moltes substàncies i també tenen un paper important en el reconeixement entre cèl·lules.

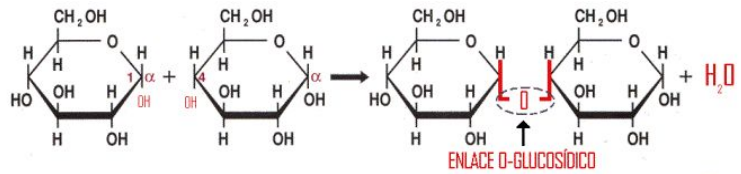
### 2.2.2.1. L'enllaç O-glicosídic

Els monosacàrids que formen els oligosacàrids s'uneixen per mitjà d'un enllaç covalent anomenat O-glicosídic. Aquest es realitza entre el grup -OH del carboni anomèric del primer monosacàrid i un grup -OH del segon monosacàrid.

---

<sup>18</sup> Enllaç covalent: és un tipus d'enllaç químic en què dos àtoms comparteixen un o més parells d'electrons de tal manera que la seva escorça electrònica quedi plena.

Durant la formació d'aquest enllaç, s'obté una molècula d'aigua (condensació) i, en canvi, durant la hidròlisi<sup>19</sup> d'aquest enllaç és necessària una molècula d'aigua.



Formació de l'enllaç O-glicosídic

Depenent de com s'ha format aquest enllaç, el podem anomenar monocarbonílic o dicarbonílic. A la següent taula podem trobar les diferències entre ells:

	Enllaç monocarbonílic	Enllaç dicarbonílic
<b>Molècules que el presenten</b>	Maltosa, cel·lubiosa, lactosa	Sacarosa
<b>Són reductors de Fehling?</b>	Sí, són glúcids reductors de Fehling (de blau a vermell/ataronjat)	No és un glúcid reductor de Fehling (de blau a blau)
<b>Com es forma?</b>	Entre el C anomèric del 1r monosacàrid i un C qualsevol (no anomèric) del 2n monosacàrid	Entre els C anomèrics dels dos monosacàrids

### 2.2.2.2. Els principals disacàrids

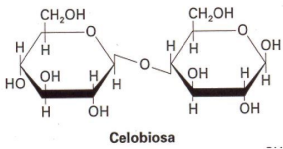
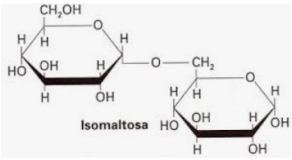
En la següent taula tenim els principals tipus de disacàrids que hi ha a la natura:

	Maltosa	Lactosa	Sacarosa
<b>Fórmula química</b>	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$C_{12}H_{22}O_{11}$
<b>Esquema</b>			

<sup>19</sup> Hidròlisi: és una reacció química entre una molècula d'aigua i una altra macromolècula, en la qual la molècula d'aigua es divideix i els seus àtoms passen a formar una unió d'una altra espècie química.



<b>Monosacàrids que la formen</b>	Glucosa ( $\alpha$ ) + Glucosa ( $\alpha/\beta$ )	Galactosa + Glucosa	Glucosa + Fructosa
<b>On es troba?</b>	En el gra germinat d'ordi i en els òrgans de reserva de les plantes, algunes fruites, l'oli, les llavors germinades i les fècules	A la llet dels mamífers	A la canya de sucre, la remolatxa i la mel
<b>S'obté a partir de la hidròlisi de...</b>	Midó i glicogen	–	–
<b>Tipus d'enllaç</b>	Monocarbonílic $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 4)	Monocarbonílic $\beta$ (1 $\rightarrow$ 4)	Dicarbonílic $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 2)
<b>Enzim <sup>20</sup> necessari per hidrolitzar-la</b>	Maltasa	<u>Lactasa</u> La intolerància a la lactosa és quan l'organisme no és capaç d'assimilar-la correctament, per tant, quan la lactasa no fa la seva funció	Sacarasa
<b>Altres informacions</b>	–	Afavoreix el creixement de bifidobacteris a l'intestí	És el glúcid que fem servir habitualment a la cuina  Es sintetitza en plantes, però no en animals

	<b>Cel·lubiosa</b>	<b>Isomaltosa</b>
<b>Fòrmula química</b>	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$C_{12}H_{22}O_{11}$
<b>Esquema</b>	 <p style="text-align: center;">Cellobiosa</p>	 <p style="text-align: center;">Isomaltosa</p>
<b>Monosacàrids que la formen</b>	Glucosa ( $\beta$ ) + Glucosa ( $\beta$ )	Glucosa + Glucosa
<b>On es troba?</b>	No es troba de forma lliure a la	Procedeix dels punts de ramificació del

<sup>20</sup> Enzims: són biomolècules que catalitzen (acceleren) les reaccions químiques.

	natura	midó i el glicogen
<b>S'obté a partir de la hidròlisi de...</b>	Cel·lulosa	Midó i glicogen
<b>Tipus d'enllaç</b>	Monocarbonílic $\beta(1 \rightarrow 4)$	Monocarbonílic $\alpha(1 \rightarrow 6)$

### 2.2.3. Polisacàrids

Són polímers formats per molts monosacàrids units (d'onze a uns quants milers) per enllaços O-glicosídics (amb la pèrdua d'una molècula d'aigua per cadascun dels enllaços). Són macromolècules molt grans sovint ramificades que tenen masses moleculars molt elevades.

Les propietats que tenen són les següents:

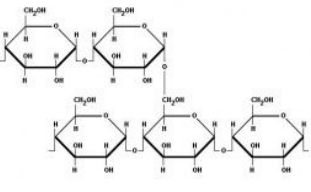
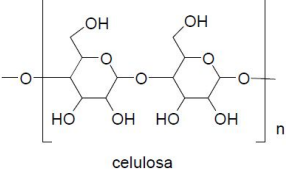
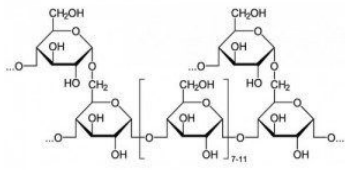
- No tenen gust dolç.
- No tenen poder reductor de Fehling.

N'hi ha de dos tipus:

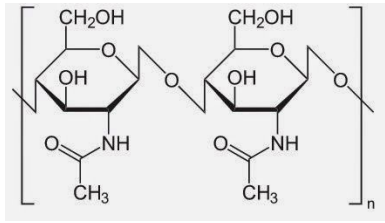
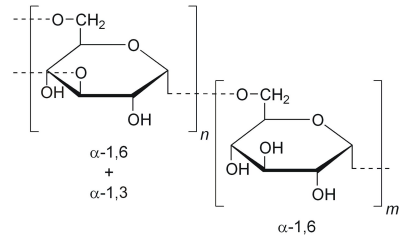
- **Homopolisacàrids:** formats per un sol tipus de monosacàrids.
  - Poden fer funció estructural, com per exemple la cel·lulosa i la quitina.
  - Poden tenir funció de reserva d'energia, com el midó i el glicogen.
- **Heteropolisacàrids:** formats per diferents tipus de monosacàrid. Alguns exemples són:
  - Pectina. S'utilitza en la preparació de mermelades. Present a la paret vegetal formant una matriu on es troben les fibres de cel·lulosa.
  - Hemicel·lulosa. Es troba a la paret vegetal (recobreix les fibres de cel·lulosa).
  - Agar-agar. Es troba a les algues vermelles. Es fa servir com a espessidor en la indústria alimentària i per preparar medis de cultiu.
  - Goma. Utilitzat per a la fabricació de la goma d'enganxar. Es troba a la resina dels arbres (ajuden a tancar ferides).

#### 2.2.3.1. Els principals homopolisacàrids

En la següent taula tenim els principals tipus d'homopolisacàrids:

	Midó	Cel·lulosa	Glicogen
<b>Fórmula química</b>	—	$(C_6H_{10}O_5)_n$	$(C_6H_{10}O_5)_n$
<b>Esquema</b>		 celulosa	
<b>Funció</b>	És la principal reserva energètica a les cèl·lules vegetals	Estructural	És la principal reserva energètica a les cèl·lules animals
<b>De què està format?</b>	Dos polímers de glucosa: amilosa (polímer lineal i en el 30 %) i amilopectina (polímer ramificat i en el 70 %)	Glucoses	Glucoses (uns 1500 anells)
<b>Enllaç</b>	Amilosa $\alpha(1 \rightarrow 4)$ Amilopectina $\alpha(1 \rightarrow 4)$ i $\alpha(1 \rightarrow 6)$	$\beta(1 \rightarrow 4)$	$\alpha(1 \rightarrow 4)$ amb ramificacions $\alpha(1 \rightarrow 6)$
<b>Enzim que l'hidrolitza</b>	<u>Amilasa</u> En vegetals són $\alpha$ -amilases i en animals són $\beta$ -amilases	<u>Cel·lulasa</u> Als humans i altres animals, els falta aquest enzim i per tant no podem utilitzar-la com a font d'energia  Molts bacteris presents en els herbívors tenen cel·lulasa, per això poden assimilar-la	<u><math>\alpha</math>-amilasa</u>

<b>On es troba?</b>	<p>A les llavors, tubercles, fruits no madurs i en forma de grànuls en els plasts<sup>21</sup> de les cèl·lules vegetals</p> <p>La patata, les llavors, el moniato, l'arròs i el blat de moro són les fonts principals de midó</p>	Paret cel·lular vegetal	<p>Al citoplasma de les cèl·lules animals</p> <p>És present en grans quantitats al fetge i músculs dels animals i també en vegetals i algunes cèl·lules procariotes</p>
<b>Altres informacions</b>	Proporciona entre el 70 % i el 80 % de les calories consumides pels humans	<p>Facilita la defecació</p> <p>Es fa servir per a la fabricació de paper, cel·lofana, teixits de fibres naturals i productes químics com ara explosius (nitrocel·lulosa)</p>	Estructura semblant a l'amilopectina però molt més ramificada

	Quitina	Dextran
<b>Fórmula química</b>	$(C_8H_{13}O_5N)_n$	$(C_6H_{10}O_5)_n$
<b>Esquema</b>		
<b>Funció</b>	Estructural	Reserva energètica
<b>De què està format?</b>	N-acetilglucosamina	Glucoses

<sup>21</sup> Plasts: grup d'òrgànuls presents en la cèl·lula vegetal. Es caracteritzen per desenvolupar-se al voltant d'una doble membrana lipídica. Al seu interior es desenvolupen rutes metabòliques específiques.

Enllaç	$\beta(1 \rightarrow 4)$	$\alpha(1 \rightarrow 6)$
On es troba?	Paret cel·lular dels fongs, exoesquelet dels artròpodes, les ràdules dels mol·luscs, els becs de cefalòpodes i les escates dels peixos i dels amfibis	En els llevats i els bacteris
Altres informacions	És un polímer no ramificat	Segons l'espècie, es formen ramificacions $\alpha(1 \rightarrow 2)$ $\alpha(1 \rightarrow 3)$ i $\alpha(1 \rightarrow 4)$

### 3. Els endolçidors alternatius als glúcids

#### 3.1. Introducció als endolçidors

L'Organització Mundial de la Salut (OMS) recomana no superar els 50 grams de sucre al dia. No obstant això, al nostre país en prenem quatre vegades més del recomanat.

El sucre té un paper fonamental en la gastronomia pel seu agradable sabor i també en el subministrament d'energia al nostre cos, però cada vegada són més les persones que prefereixen (bé per malaltia o per estil de vida) combinar-lo o substituir-lo pels endolçidors. Els endolçidors són una alternativa al sucre, però també es recomana moderar-ne la ingesta, tot i aportar menys calories que el sucre; per exemple, en el cas de la sacarina, no més de 15 mil·ligrams per jornada i quilo de pes corporal.

Actualment trobem sucre a molts productes alimentaris processats. Una manera de conservar els aliments i també de fer-los més gustosos és utilitzant sucre. Però en excés provoca efectes adversos en la nostra salut com per exemple:

- Deteriorament de les cavitats dentals i aparició de càries. Els bacteris s'alimenten dels sucres simples, els anomenats monosacàrids, i produeixen l'àcid que al seu torn destrueix l'esmalt dental.
- Hipertensió arterial. El consum diari de 74 grams de sucre (fructosa) podria estar relacionat amb el risc de patir hipertensió arterial.
- Poden ser la causa d'algunes malalties com:
  - Càncer de pàncrees. Un dels càncers més mortífers pot ser conseqüència del sobreconsum de sucre.
  - Insuficiència renal crònica. És una pèrdua progressiva i irreversible de les funcions renals.

- Malalties cardiovasculars
  - Malnutrició. Les persones que extreuen el 18 % de les seves calories del consum de sucre sofreixen deficiències d'elements imprescindibles per a la salut com l'àcid fòlic, el calci, el ferro i les vitamines A i C.
  - Gota. El consum de refrescs i fructosa pot causar gota, una malaltia produïda per l'acumulació d'àcid úric en diferents parts del cos, especialment en articulacions, teixits tous i ronyons.
  - Diabetis. El principal factor causant de la diabetis és el consum de refrescs, begudes energètiques, gasoses i llimonades. Les persones que consumeixen diàriament una o dues llaunes d'aquestes begudes corren un risc molt més alt de desenvolupar malalties com la diabetis de tipus 2.
  - Obsesitat. Els glúcids passen ràpidament a convertir-se en greix. Per tant, provoquen obesitat.
  - Alzheimer. Un estudi en humans ha revelat que l'alt nivell de fructosa pot estar relacionat amb l'empitjorament de la memòria i la reducció de l'activitat de l'hipocamp<sup>22</sup>.
- Addicció
  - Alteració del sistema nerviós, sobretot en infants.
  - Promou la desmineralització dels ossos.
  - Alteració del sistema immunitari<sup>23</sup>, fet que afavoreix les infeccions per cànides o paràsits.
  - Altera la flora intestinal<sup>24</sup> i perjudica el trànsit intestinal i el sistema immunitari.
  - Necessitat de més insulina<sup>25</sup>. Una vegada augmentat el nivell d'insulina, provoca que l'organisme sigui més resistent, de manera que en la sang comença a formar-se glucosa, el factor principal que desencadena l'obesitat.
  - Gana descontrolada. El consum crònic de fructosa provoca una resistència a la leptina<sup>26</sup>, la qual cosa contribueix al fet que una persona perdi el control sobre la gana.

---

<sup>22</sup> Hipocamp: és una estructura del cervell dels humans i altres vertebrats.

<sup>23</sup> Sistema immunitari: és el conjunt de mecanismes d'un organisme que el protegeixen contra les malalties mitjançant la identificació i posterior eliminació de patògens i cèl·lules tumorals.





<sup>24</sup> Flora intestinal: és el conjunt de microorganismes vius que habiten en el nostre intestí i amb els quals establim una relació de simbiosi i ajuda mútua.

<sup>25</sup> Insulina: una hormona que s'encarrega de transformar els aliments en energia.

<sup>26</sup> Leptina: una hormona que controla la sensació de gana.

### 3.2. Quins són?




En la següent taula veiem alguns exemples d'endolçidors:

Endolçidor	Procedència	Propietats	Color, gust i textura
<b>NATURALS</b>			
Endolçidors granulats			
<b>Mascabado</b> 	Procedeix de la canya integral, a les illes Maurici i a l'est de Madagascar	Sense refinar	Color més intens que el sucre morè Gust semblant al del sucre blanc. Textura humida i enganxosa
<b>Estèvia</b> 	De l'estèvia, una planta de l'Amazones	Acalòric No eleva tant el sucre en sang	Blanc Més dolç que el sucre blanc i amargant (com la regalèssia) Textura com el sucre blanc
<b>Eritritol</b> 	A partir de la fermentació d'enzims naturals de blat	Índex glucèmic: 0 Aporta poques calories	Blanc Menys dolç que el sucre blanc Textura igual que el sucre blanc
<b>Taumatina</b> 	D'un fruit anomenat "katemfe" de l'Àfrica occidental A Espanya només es troba industrialment	Sense refinar	Color blanc El més dolç de tots Textura com el sucre blanc

<p><b>Panela</b></p> 	Del xarop de canya	<p>No refinat</p> <p>Conté minerals, sacarosa, fructosa i glucosa</p>	<p>Color marró</p> <p>Gust més potent que el sucre blanc</p> <p>Textura suau</p>
<p><b>Sucre morè</b></p> 	De la canya de sucre	<p>Sense refinar</p> <p>Font d'hidrats de carboni, vitamines i minerals</p>	<p>Color marró característic (melassa)</p> <p>Gust amargant</p> <p>Textura com el sucre blanc</p>
<p><b>Sucre de bedoll</b></p> 	Escorça del bedoll	<p>Amb un 40 % menys de calories que el sucre blanc</p> <p>Índex glucèmic inferior</p>	<p>Color blanc</p> <p>Dolç com el sucre blanc</p> <p>Textura com el sucre blanc</p>
<p><b>Sucre de coco</b></p> 	Per assecament de la saba de la flor del coco	<p>Baix contingut de fructosa</p> <p>Aportació de minerals, antioxidants i vitamines àcids grassos i fibra</p> <p>Baix índex glucèmic</p>	<p>Color marró.</p> <p>Menys dolç que el sucre blanc.</p> <p>Textura igual que el sucre blanc.</p>
<b>Endolcidors líquids</b>			
<p><b>Mel</b></p> 	De les abelles	<p>Ric en fructosa i glucosa, vitamines, minerals, fibra i proteïnes</p> <p>Índex glucèmic alt</p>	<p>Color ataronjat</p> <p>Molt dolça</p> <p>Textura enganxosa</p>
<p><b>Melasses de cereals</b></p>	De la fermentació de cereals (arròs, blat)	<p>Digestiu</p> <p>Sense fructosa</p>	<p>Color molt fosc</p> <p>Gust dolç com la mel</p>



	de moro i ordi)	Ric en vitamines, minerals i antioxidants	Textura com la mel
<b>Xarop d'atzavara</b> 	D'un cactus anomenat maguey	Poc calòric. Conté vitamines i minerals. Molt ric en fructosa. Ajuda a regular nivells de glucosa. Estimula el creixement de la flora intestinal i inhibeix el creixement de bacteris patògens  No provoca càries	Color ataronjat com la mel  Més dolç que el sucre blanc  Textura enganxosa com la mel
<b>Xarop d'auró</b> 	A partir de la saba de l'auró  El Canadà i Amèrica del Nord	Molt ric en nutrients	Color ataronjat com la mel  Dolçor lleugera i gust de vainilla  Textura enganxosa com la mel
<b>Xarop de dàtils</b> 	Dàtils triturats amb aigua bullits a foc lent	Molt energètic  Conté glucosa i fructosa  No eleva tant el nivell de sucre en la sang	Color marronós  Més dolç que el sucre blanc  Textura enganxosa com la mel
<b>Xarop de garrofa</b> 	S'obté de coure les beines de la garrofa i reduir-ne el suc	Gairebé no aporta calories  Índex glucèmic baix	Color marró fosc  Textura semblant a la melassa  Gust entre el caramel i la regalèssia

<p><b>Concentrat de poma</b></p> 	<p>S'obté de coure a foc lent el suc de poma</p> <p>Propi dels països nòrdics</p>	<p>Conserva molts dels nutrients de la poma</p>	<p>Color marró fosc</p> <p>Gust molt suau</p> <p>Textura com la mel</p>
<b>SINTÈTICS</b>			
<p><b>Sucralosa</b></p> 	<p>A partir del sucre blanc</p>	<p>Acalòric</p> <p>Pot ser perjudicial per a la salut</p>	<p>Color blanc de línia.</p> <p>Gust com el sucre blanc</p> <p>Textura com el sucre blanc</p>
<p><b>Edulcorants sintètics</b></p>  <p>Acesulfam Aspartam Sacarina Poliols Ciclamat monosòdic</p>	<p>Obtenció artificial</p>	<p>Acalòric</p> <p>Cal evitar-los perquè no són bons per la salut</p>	<p>Potent gust dolç</p>

## 4. La fermentació

### 4.1. Què és?

Les fermentacions són processos catabòlics<sup>27</sup> d'oxidació parcial de la glucosa en el qual un compost orgànic actua com a donador i receptor d'electrons. S'obté ATP i altres substàncies. Són pròpies dels microorganismes, com alguns bacteris i llevats, però també en cèl·lules animals.

En la fermentació no intervé la cadena respiratòria, a diferència de la respiració. És un procés anaeròbic, no s'utilitza O<sub>2</sub> com a acceptor final d'electrons, com en la respiració aeròbia.

<sup>27</sup> Catabolisme: és la part del metabolisme que consisteix en la transformació de molècules orgàniques en molècules senzilles, i en l'emmagatzematge de l'energia química despresa, en forma d'ATP.

En aquest procés només se sintetitza d'ATP a partir de la fosforilació a nivell de substrat, mai a través de les ATP-sintetases, fet que aporta poca producció d'energia.

Per dur a terme aquestes fermentacions calen uns coenzims<sup>28</sup> anomenats NADH<sup>29</sup>, que no es poden oxidar a la cadena respiratòria, però han de ser consumits per evitar el bloqueig del procés. És a dir, no intervé la cadena transportadora d'electrons (no es dona l'oxidació del NADH), sinó que es dona l'oxidació parcial de la molècula inicial.

En absència d'oxigen (organismes anaeròbics i situacions d'anaerobiosi en organismes aeròbics) no es pot obtenir energia de l'oxidació de l'acetil-CoA<sup>30</sup> (i, per tant, ni de l'oxidació de glúcids). En aquests casos, l'acceptor final d'electrons i H<sup>+</sup> és una molècula diferent de l'oxigen. Segons quin sigui l'acceptor final d'electrons, la fermentació pot ser:

Tipus de fermentació	Acceptor final d'electrons
ALCOHÒLICA	Alcohol
LÀCTICA	Àcid làctic
BUTÍRICA	Àcid butíric, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub>
PÚTRIDA O PUTREFACTIÓ	Compostos orgànics que fan pudor
PROPANÒNICA	Àcid acètic i àcid propiònic

## 4.2. Les principals fermentacions

### 4.2.1. Fermentació làctica

Aquest tipus de fermentació la fan els bacteris, els fongs i la majoria de les cèl·lules animals. En condicions de sobreesforç i sobretot a les cèl·lules musculars, quan aquestes es queden sense O<sub>2</sub>, el degraden per fermentació làctica donant àcid làctic. L'acumulació d'aquest àcid és el responsable de la formació de petits cristalls que punxen el múscul (cruiximent dels músculs: tiretes).

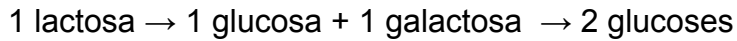
- Si el substrat és la glucosa, hi ha un procés de glucòlisi i la transformació de l'àcid pirúvic en àcid làctic i regenerar NAD<sup>+</sup> (per evitar el bloqueig del procés).

<sup>28</sup> Coenzim: és un tipus de cofactor, partícula que s'uneix a un apoenzim per tal de formar un holoenzim capaç de catalitzar reaccions químiques.

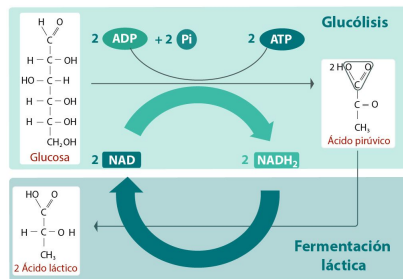
<sup>29</sup> NADH: el nicotin adenín dinucleòtid, que és un coenzim d'oxidoreducció present en totes les cèl·lules vives.

<sup>30</sup> Acetil-CoA (CoAS~COCH<sub>3</sub>): és una biomolècula que té una elevada importància biològica, ja que intervé com a agent acceptador i transferidor de grups acil en nombroses reaccions metabòliques.

➤ En canvi, si el substrat és la lactosa, cal que es doni la hidròlisi:



Els bacteris que fan aquesta fermentació són els següents: *Lactobacillus bulgaricus* i *Streptococcus thermophilus* (bacteris del iogurt), *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis*... Aquests fan la fermentació de la lactosa de la llet obtenint llet agra (a conseqüència de la coagulació de la proteïna caseïna). D'aquí n'obtenim els derivats de la llet: formatge, llet acidòfila, llet quefirada<sup>31</sup>, iogurt i mazum.



Reacció de la fermentació làctica



Productes obtinguts d'aquesta fermentació

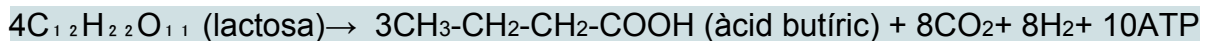
#### 4.2.2. Fermentació butírica

La fermentació butírica es produeix per la descomposició de glúcids d'origen vegetal (midó, cel·lulosa) i l'obtenció d'àcid butíric, H<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub> com a productes finals. Això li proporciona una olor típicament desagradable.

La fan els bacteris anaerobis del gènere *Clostridium butyricum* i *Bacillus amilobacter* i és important perquè contribueix a descompondre restes vegetals del sòl.

S'utilitza per a l'obtenció de biocombustibles, en la indústria alimentària, en la farmacèutica, per a investigacions sobre el càncer i per a la síntesi de productes químics.

La reacció que es dona és la següent:



#### 4.2.3. Fermentació pútrida

La fermentació pútrida o de putrefacció és la descomposició de substrats proteics o aminoàcids i l'obtenció de productes orgànics amb pudor, responsables de la mala olor dels cadàvers, animals i llavors en descomposició. Alguns d'aquests productes proteics són l'indol, la cadaverina, l'escatol...

<sup>31</sup> Llet quefirada: els grànuls de quefir contenen bacteris que fan la fermentació làctica.

Alguns bacteris com *Bacterium linens* o *Clostridium sporogenes* són els que realitzen aquesta fermentació.

L'aplicació que té aquesta fermentació és la producció dels gustos típics d'alguns formatges i vins. També s'utilitza en el compostatge.

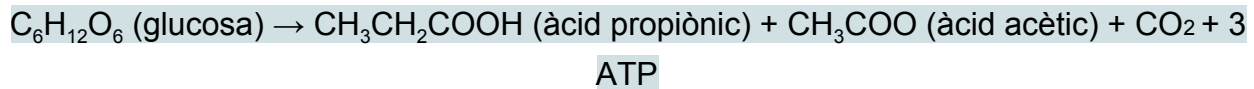
#### 4.2.4. Fermentació propiònica

En aquest procés de fermentació la glucosa és utilitzada com a substrat per obtenir àcid acètic i àcid propiònic (una substància corrosiva amb olor agra).

Els bacteris que s'encarreguen d'aquest procés s'anomenen *Non Sporogenous*.

És un procés utilitzat en alguns aliments com els formatges.

La reacció d'aquest procés és:



#### 4.2.5. Fermentació alcohòlica

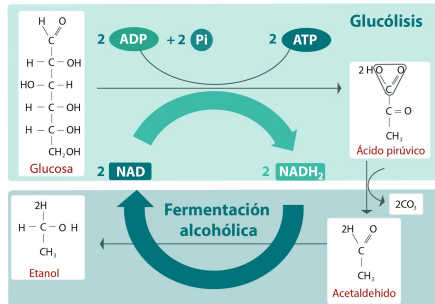
La fermentació alcohòlica és el procés que els llevats duen a terme per obtenir energia (tot i que només s'obté el 8 % de l'energia que hi ha en una molècula de glucosa). En aquest procés, els llevats estan catabolitzant sucres per respiració, esgoten l'O<sub>2</sub> disponible i continuen el catabolisme per fermentació.

Les etapes que es poden diferenciar en la fermentació alcohòlica dels llevats són les següents:

- Glicòlisi: s'oxiden els glúcids (substrats).
- Transformació de l'àcid pirúvic en etanol (CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH) i diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) i regeneració de NAD<sup>+</sup> per evitar el bloqueig del procés.

Qualsevol fermentació alcohòlica necessita un tipus de llevat que sigui tolerant a l'alcohol, ja que l'alcohol és tòxic per a molts llevats. Quan en té massa, deixa de reproduir-se i produir-ne més. Aquests organismes només produeixen alcohol en condicions molt específiques: quan hi ha poc oxigen i una concentració de sucre molt elevada. Normalment s'utilitza el llevat del gènere *Saccharomyces cerevisiae* (llevats que són anaerobis facultatius).

La reacció d'aquest procés és la següent:



Reacció produïda en la fermentació alcohòlica

#### 4.2.5.1. Usos al llarg de la història

Tenim indicis que ens indiquen que la fermentació és un procés emprat des de fa molts segles. La primera evidència de la producció del vi és a Geòrgia i data de fa uns 8.000 anys. A les muntanyes Zagros de l'Iran s'han trobat també gerres amb restes de vi de fa 7.000 anys.

A més, hi ha proves de la fermentació del pa i de la cervesa a l'Egipte de fa uns 4.500 anys. Aquesta cultura considerava la cervesa i el pa com a aliments sagrats i creien que havien estat atorgats als humans per Osiris (déu i jutge dels morts), motiu pel qual estava molt present en les cerimònies funeràries. Normalment substituïen la malta per espelta.

Avui dia també sabem que, en l'antiga Mesopotàmia, la cervesa no era una beguda qualsevol, tenia una gran importància en la dieta i també en la societat. Era una alternativa més segura a l'aigua, normalment contaminada. A més, quan algú moria, la família dipositava un tribut de cervesa als déus per acontentar-los.







Durant l'antiguitat clàssica, la cervesa era principalment consumida a les terres del nord d'Europa per les tribus bàrbares. Aquest fet va donar-li fama de beguda d'homes rudes i salvatges, per la qual cosa va ser rebutjada pels grecs i romans, més aficionats al vi. Amb el debilitament de l'Imperi, la influència dels bàrbars sobre les terres occidentals va créixer i l'acceptació a la beguda es va anar estenent.

#### 4.2.5.2. A l'actualitat

Actualment el procés de la fermentació alcohòlica s'utilitza per sintetitzar etanol mitjançant la fermentació en la indústria a gran escala per ser emprat com a biocombustible. S'aplica aquest procés per obté biocarburants (com el bioetanol, que s'obtenen de la canya de sucre).

També, tant el pa, com el vi, el whisky, la sidra i la cervesa són obtinguts per mitjà de la fermentació alcohòlica dels llevats, però no tots els productes contenen els mateixos ingredients.

En la taula següent s'exposen les diferències d'ingredients que trobem entre aquests cinc aliments:

Producte obtingut	Ingredients en comú	Ingredients variables
<p>Pa</p> 	Llevat, sucre i aigua	Farina i sal
<p>Cervesa</p> 		Llúpol i malta de civada
<p>Vi</p> 		Raïm, aigua i blat integral
<p>Cava</p> 		Vi blanc, àcid tartàric, àcid cítric
<p>Sidra</p> 		Fruita
<p>Whisky</p> 		Malta

# PART PRÀCTICA

## 1. Objectius

- Determinar quin és el glúcid que produeix més  $\text{CO}_2$  per unitat de temps en la reacció i fer-ho utilitzant dues metodologies diferents: un sensor de  $\text{CO}_2$  i una reacció en cadena.
- Determinar quin és l'endolçidor que produeix més  $\text{CO}_2$  per unitat de temps.
- Determinar quin és el llevat més eficaç en el procés de fermentació alcohòlica.
- Determinar quina és la quantitat de glúcid que optimitza la velocitat del procés de fermentació alcohòlica.
- Determinar quina és la quantitat de llevat que optimitza la velocitat del procés de fermentació alcohòlica.

## 2. Material

Seguidament hi ha el material emprat en aquesta part pràctica:



Balança precipitats



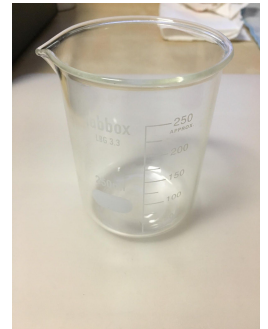
Pot de plàstic



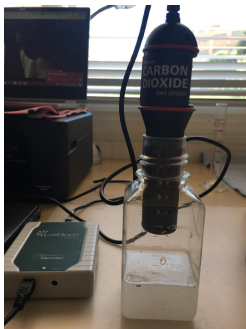
Vidre de rellotge



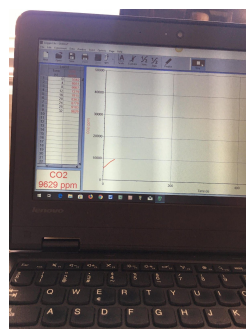
Vareta de vidre



Vas de



Sensor de  $\text{CO}_2$



Ordinador



Tub amb taps



Dos matrassos d'Erlenmeyer







Embut    Solució de NaOH 0,1 M    Fenolftaleïna    Cullereta    Comptagotes    Proveta

**Endolçidors:**



Edulcorant líquid    Estèvia    Mel    Concentrat de poma    Xarop



Mascabado    Panela    Edulcorant sòlid    Sucre more

**Llevats:**



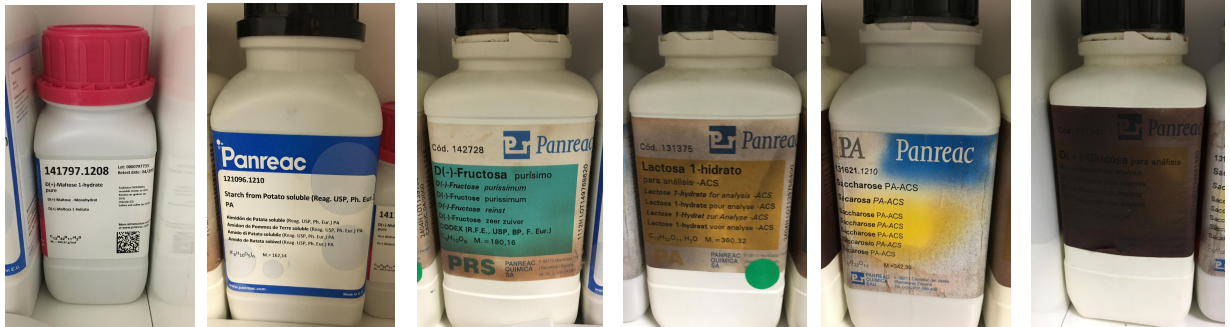
Llevat deshidratat *Vahiné*

Llevat fresc *Levital*

Llevat químic *Belbake*

Llevat químic *Royal*

## Glúcids:



Maltosa

Midó

Fructosa

Lactosa

Sacarosa

Glucosa

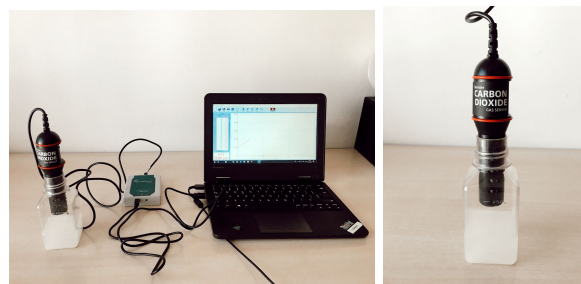
## 3. Metodologia

Amb els objectius que m'he marcat, he fet dos tipus d'experiments. En un, he fet servir un sensor de diòxid de carboni i, en l'altre, una reacció en cadena. Els experiments fets amb el sensor de  $\text{CO}_2$  corresponen als experiments número 1, 2, 3, 4 i 5. Per altra banda, la reacció en cadena correspon a l'experiment número 6.

### 3.1. El sensor de $\text{CO}_2$

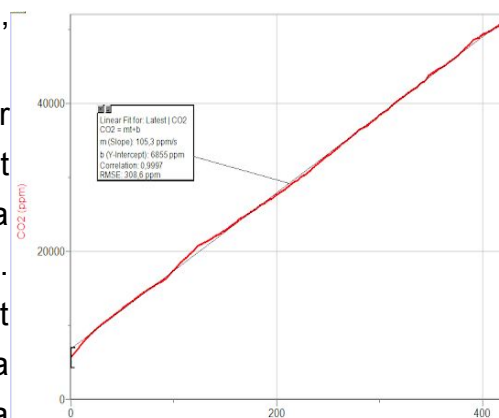
A la primera part s'ha utilitzat un sensor de diòxid de carboni, el qual mesura la quantitat de  $\text{CO}_2$  que hi ha dins el recipient cada 4 segons. Per fer servir aquest sensor es necessita un pot de plàstic que hi encaixa perfectament. És en aquest pot on s'hi han fet tots els experiments.

Per recollir les dades, aquest sensor es connecta a un aparell anomenat *LabQuest*, el qual està vinculat a l'ordinador mitjançant un port USB. Cal iniciar el sensor de gas de  $\text{CO}_2$  durant uns 90 segons abans de recollir les dades de l'experiència.



Per poder visualitzar les dades en forma de gràfica i taula, s'ha d'instal·lar l'aplicació de *LoggerLite* a l'ordinador.

Un cop duts a terme els experiments, he pogut determinar la velocitat de la reacció que proporciona cada substrat gràcies a l'opció que dona l'aplicació d'ajustar la gràfica obtinguda amb una recta amb el seu pendent indicat. Aquest valor el trobem a "m(Slope)" (indicat a la següent imatge). Podem dir que el valor del pendent correspon a la velocitat de la fermentació ja que és una gràfica de la quantitat de CO<sub>2</sub> en ppm/s.



Ajustament de la gràfica a una recta que ens indica el seu pendent

### 3.2. La reacció en cadena

L'altre tipus d'experiment que he fet es basa en una reacció en cadena entre dos erlenmeyers connectats per mitjà d'un tub. Aquest muntatge permet el transport del diòxid de carboni, produït al primer erlenmeyer degut a la reacció entre el llevat, l'aigua i el glúcid, fins a l'altre erlenmeyer, on hi ha aigua destil·lada, fenolftaleïna i una solució de NaOH 0,1 M.

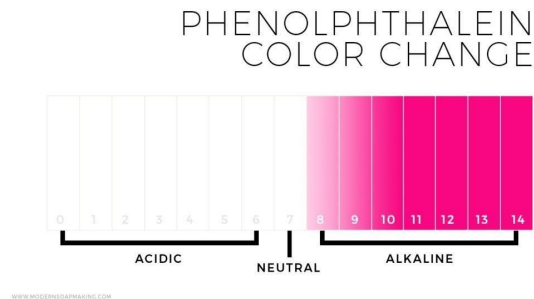
La reacció que té lloc al segon erlenmeyer és la següent:  $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

La fenolftaleïna és un indicador de pH que dona un color rosat a la dissolució quan el medi és bàsic, i incolor quan és àcid o neutre. Al produir diòxid de carboni amb el procés de fermentació alcohòlica dels llevats i introduir-lo a la dissolució concentrada de NaOH a partir d'un tub flexible, aquesta es torna àcida i per tant, el color rosat de la fenolftaleïna desapareix. Això passa perquè el CO<sub>2</sub>, en barrejar-se amb aigua, forma una substància àcida, l'àcid carbònic. Se sap que aquest canvi de color es produeix a partir del valor de pH de 8,2.

S'ha determinat l'eficàcia de cada glúcid mesurant el temps que tarda la solució a passar de rosa a incolora després d'afegir el llevat a la solució de glúcid i aigua.

Quant més temps tarda a canviar de color, més lenta és la reacció, i això significa que es produeix menys CO<sub>2</sub>/unitat de temps.

En aquest cas, s'han obtingut les dades en minuts i segons a partir del cronòmetre. Però, per tal de fer la mitjana aritmètica entre les mesures de les tres rèpliques, s'han passat les mesures a segons. D'aquesta manera, tenint en compte que la precisió de l'aparell és fins als segons, s'han indicat les mesures sense decimals.



Color de la solució amb fenolftaleïna  
dependent del pH

Imatge de la reacció en cadena

## 4. Experiments

A continuació es mostren els diferents experiments fets per tal de validar o refusar les hipòtesis corresponents.

### 4.1. Grups control

S'han fet quatre grups control (a partir de llevat i aigua sense glúcid) per tal d'assegurar-nos que els resultats són deguts a les modificacions que introduïm en la variable independent i que tant el llevat com el sensor de  $\text{CO}_2$  del qual partim són fiables. Aquests s'han fet de la següent manera:

- Variable dependent:  $[\text{CO}_2]$  emès/ temps.
- Variable independent: tipus de llevat utilitzat. Els tipus de llevat de què dispo són els següents: llevat químic *Royal*, llevat químic *Belbake*, llevat deshidratat *Vahiné* i llevat fresc *Levital*.

➤ Variables controlades:

- Llum: els experiments s'han dut a terme en una habitació amb les persianes abaixades i el llum obert. D'aquesta manera, tots els experiments han disposat de la mateixa quantitat de llum.
- Temperatura: els experiments s'han fet a temperatura ambient, és a dir, a uns 25 °C.
- Quantitat d'aigua destil·lada: en cada cas s'han utilitzat 100 ml d'aigua destil·lada.
- Temps de recollida de dades: s'han recollit les dades durant 400 segons.
- Quantitat de llevat: s'ha utilitzat 1 gram de llevat en cada experiment.

➤ Procediment:

1. Mesurar 100 ml d'aigua destil·lada amb una proveta i afegir-la en el pot de plàstic amb l'ajuda d'un embut.
2. Pesar 1 g de llevat amb una balança i afegir-lo al pot amb una cullera i l'ajuda d'un embut. Cal tarar la balança amb el vidre de rellotge abans de col·locar-hi el glúcid.
3. Barrejar amb una vareta de vidre.
4. Col·locar ràpidament el sensor de diòxid de carboni dins el pot de plàstic i iniciar la presa de dades des de l'ordinador.
5. Mantenir constants les variables com la llum i la temperatura.
6. Finalitzar la presa de les dades resultants des de l'ordinador després de 400 segons.
7. Repetir l'experiment amb cada tipus de glúcid 3 vegades. Les rèpliques ens asseguren que els resultats no són deguts a l'atzar.

## 4.2. Experiment 1: Glúcids

➤ Problema: Influeix el tipus de glúcid en la velocitat de la reacció de fermentació alcohòlica?

➤ Hipòtesis:

- Potser la glucosa és el glúcid més eficaç en la reacció.
- Potser utilitzant midó no es produirà la fermentació alcohòlica.

- Potser com més mols/L de glúcid en la solució, més ràpida serà la reacció.
- Variable dependent: [CO<sub>2</sub>] emès/ temps.
- Variable independent: tipus de glúcid utilitzat. Els glúcids dels quals dispo són els següents: glucosa, sacarosa, lactosa, maltosa, fructosa i midó.
- Variables controlades:  
Les variables controlades són les mateixes que en el grup control (pàgina 35) però amb alguns canvis:
  - Tipus de llevat: s'ha utilitzat el llevat *Royal* en cada experiment.
  - Quantitat de llevat: s'ha utilitzat 1 gram de llevat en cada experiment.
  - Quantitat de glúcid: s'ha utilitzat 1 gram de glúcid en cada experiment.
- Procediment:  
El procediment emprat és el mateix que el grup control (pàgina 36), però amb els següents canvis:
  - Entre el pas 1 i el 2: Pesar 1 g de glúcid amb una balança. Posteriorment afegir-lo al pot de plàstic amb una cullera i l'ajuda d'un embut. Cal tarar la balança amb el vidre de rellotge abans de col·locar-hi el glúcid.
  - Al pas 2: Pesar 1 g de llevat químic *Royal* amb una balança i afegir-lo al pot de plàstic.
- Informació dels glúcids emprats:

Glúcid	Massa molecular	Concentració inicial a la reacció
<b>MONOSACÀRIDS</b>		
<b>Glucosa</b>	180,156 g/mol	0,05 M
<b>Fructosa</b>	180,062 g/mol	0,05 M
<b>DISACÀRIDS</b>		

<b>Sacarosa</b>	342,116 g/mol	0,029 M
<b>Maltosa</b>	342,29 g/mol	0,029 M
<b>Lactosa</b>	342,116 g/mol	0,029 M
<b>POLISACÀRIDS</b>		
<b>Midó</b>	162,141 g/mol	0,062 M

### 4.3. Experiment 2: Endolcidors

- Problema: Influeix el tipus d'endolcidor en la velocitat de la reacció de fermentació alcohòlica?
- Hipòtesis:
  - Potser l'estèvia és l'endolcidor més eficaç en el procés.
  - Potser els endolcidors naturals són menys eficaços que els sintètics.
- Variable dependent: [CO<sub>2</sub>] emès/ temps.
- Variable independent: tipus d'endolcidor utilitzat. Els endolcidors alternatius als sucres amb els quals he experimentat són mascabado, estèvia, sucre morè, panela, edulcorant sintètic líquid i sòlid, mel, xarop i concentrat de poma.
- Variables controlades:

Les variables que s'han mantingut controlades han estat les mateixes que en el grup control (a la pàgina 35) però amb les següents variacions:

  - Tipus de llevat: s'ha utilitzat el llevat *Royal* en cada experiment.
  - Quantitat de llevat: s'ha utilitzat 1 gram de llevat en cada experiment.
  - Quantitat d'endolcidor: s'ha utilitzat 1 gram d'endolcidor en cada experiment.
- Procediment:

El procediment s'ha dut a terme de la mateixa manera que el grup control (a la pàgina 36) però amb les següents variacions:

- Entre el pas 1 i 2: Pesar 1 g d'endolçidor amb una balança i abocar-lo al pot de plàstic amb una altra cullera i l'ajuda d'un embut. Cal tarar la balança amb el vidre de rellotge abans de col·locar-hi l'endolçidor.
- Al pas 2: Pesar 1 g de llevat *Royal* amb una balança i afegir-lo al pot amb una cullera i l'ajuda d'un embut.

➤ Informació sobre els endolçidors emprats:

<b>Edulcorant</b>	<b>Marca</b>	<b>Quantitat de glúcids/100 g d'endolçidor</b>
<b>ENDOLÇIDORS NATURALS</b>		
<b>Mascabado</b>	<i>Belbake</i>	99,4 g
<b>Sucre morè</b>	<i>Bonpreu</i>	95 g
<b>Estèvia</b>	<i>Natreen</i>	94 g
<b>Panela</b>	<i>Azucarera</i>	94 g
<b>Mel</b>	<i>Maribel</i>	81,3 g
<b>Xarop d'atzavara</b>	<i>Maribel</i>	75 g
<b>Concentrat de poma</b>	<i>Freshona</i>	15,2 g
<b>ENDOLÇIDORS SINTÈTICS</b>		
<b>Endolçidor sintètic sòlid</b>	<i>Cologran</i>	0,1 g
<b>Endolçidor sintètic líquid</b>	<i>Bonpreu</i>	0 g

#### 4.4. Experiment 3: Llevats

- Problema: Influeix el tipus de llevat en la velocitat de la reacció de fermentació alcohòlica?
- Hipòtesis:
  - Potser el llevat químic és el menys eficaç en el procés.
  - Potser utilitzant el llevat deshidratat no es produirà la fermentació alcohòlica.



- Variable dependent: [CO<sub>2</sub>] emès/ temps.
- Variable independent: tipus de llevat utilitzat. Els llevats dels quals he disposat són aquests: llevat fresc *Levital*, llevat deshidratat *Vahiné*, llevat químic *Royal* i llevat químic *Belbake*.
- Variables controlades:  
 Les variables que s'han mantingut controlades han estat les mateixes que en el grup control (a la pàgina 35), però amb les següents variacions:
  - Tipus de glúcid: s'ha utilitzat la sacarosa en cada experiment.
  - Quantitat de llevat: s'ha utilitzat 1 gram de llevat en cada experiment.
  - Quantitat de glúcid: s'ha utilitzat 1 gram de glúcid en cada experiment.
- Procediment:  
 El procediment es durà a terme de la mateixa manera que el grup control (a la pàgina 36) però amb les següents variacions:
  - Entre el pas 1 i 2: Pesar 1 g de sacarosa amb una balança i afegir-lo al pot de plàstic amb una cullera i l'ajuda d'un embut. Cal tarar la balança amb el vidre de rellotge abans de col·locar-hi el glúcid.
  - Al pas 2: Pesar 1 g de llevat amb una balança i afegir-lo al pot amb una cullera i l'ajuda d'un embut.
- Informació sobre els llevats emprats:

Tipus de llevat	Marca	Ingredients
<b>Químic</b>	<i>Royal</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Gasificants (bicarbonat i difosfat disòdic)</li> <li>● Farina d'arròs</li> <li>● Estabilitzants (fosfat monocàlcic)</li> <li>● Pot contenir llet</li> </ul>
	<i>Belbake</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Acidificant (difosfats)</li> <li>● Gasificants (carbonats de sodi)</li> <li>● Midó de blat</li> </ul>
<b>Deshidratat</b>	<i>Vahiné</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Llevat de forn de pa deshidratat</li> <li>● Emulgent (E491)</li> <li>● Antioxidant (E300)</li> </ul>

<b>Fresc</b>	<i>Levital</i>	• Llevat fresc
--------------	----------------	----------------

#### 4.5. Experiment 4: Quantitat de glúcid

- Problema: Influeix la quantitat de glúcid en la velocitat de la reacció de fermentació alcohòlica?
- Hipòtesi:
  - Potser com més quantitat de sacarosa afegim, més ràpida serà la reacció.
- Variable dependent: [CO<sub>2</sub>] emès/ temps.
- Variable independent: quantitat de glúcid. S'han usat les quantitats de sacarosa d'1 g, 0,5 g i 2 g.
- Variables controlades:

Les variables que s'han mantingut controlades han estat les mateixes que en el grup control (a la pàgina 35), però amb les següents variacions:

  - Tipus de glúcid: s'ha utilitzat la sacarosa en cada experiment.
  - Tipus de llevat: s'ha fet servir el llevat *Royal* en cada experiment.
  - Quantitat de llevat: s'ha utilitzat 1 gram de llevat en cada experiment.
- Procediment:

El procediment es durà a terme de la mateixa manera que el grup control (a la pàgina 36) però amb les següents variacions:

  - Entre el pas 1 i 2: Pesar la quantitat de sacarosa amb una balança i afegir-lo al pot de plàstic amb una cullera i l'ajuda d'un embut. Cal tarar la balança amb el vidre de rellotge abans de col·locar-hi el glúcid.
  - Al pas 2: Pesar 1 g de llevat *Royal* amb una balança i afegir-lo al pot amb una cullera i l'ajuda d'un embut.
- Concentracions de les dissolucions d'H<sub>2</sub>O + glúcid:

(Taula de masses moleculars dels glúcids a la pàgina 37).

Quantitat de glúcid	Concentració inicial
<b>1 g Sacarosa</b>	0,029 M

<b>2 g Sacarosa</b>	0,058 M
<b>0,5 g Sacarosa</b>	0,014 M

#### 4.6. Experiment 5: Quantitat de llevat

- Problema: Influeix la quantitat de llevat en la velocitat de la reacció de fermentació alcohòlica?
- Hipòtesi:
  - Potser com més quantitat de llevat afegim, més ràpida serà la reacció.
- Variable dependent: [CO<sub>2</sub>] emès / temps.
- Variable independent: quantitat de llevat. S'han fet servir les quantitats de llevat d'1 g, 0,5 g i 2 g.
- Variables controlades:

Les variables que s'han mantingut controlades han estat les mateixes que en el grup control (a la pàgina 35), però amb les següents variacions:

  - Tipus de glúcid: s'ha utilitzat la sacarosa en cada experiment.
  - Quantitat de glúcid: s'ha utilitzat 1 gram de glúcid en cada experiment.
  - Tipus de llevat: s'ha usat el llevat *Royal* en cada experiment.
- Procediment:

El procediment es durà a terme de la mateixa manera que el grup control (a la pàgina 36) però amb les següents variacions:

  - Entre el pas 1 i 2: Pesar 1 g de sacarosa amb una balança i afegir-lo al pot de plàstic amb una cullera i l'ajuda d'un embut. Cal tarar la balança amb el vidre de rellotge abans de col·locar-hi el glúcid.
  - Al pas 2: Pesar la quantitat de llevat *Royal* amb una balança i afegir-lo al pot amb una cullera i l'ajuda d'un embut.

## 4.7. Experiment 6: La reacció en cadena

- Problema: Es pot determinar quin és el glúcid més eficaç en la reacció de fermentació alcohòlica per mitjà d'una reacció en cadena amb una dissolució concentrada de NaOH i fenolftaleïna?
  
- Hipòtesis:
  - Potser la fermentació alcohòlica dels llevats no produeix prou diòxid de carboni com per acidificar la dissolució concentrada bàsica de NaOH.
  - Potser els resultats de l'experiment 1 i els de l'experiment 6 coincideixen.
  
- Variable dependent: temps que tarda a desaparèixer el color rosat de la fenolftaleïna.
  
- Variable independent: tipus de glúcid utilitzat. He disposat de glucosa, sacarosa, fructosa, lactosa, maltosa i midó.

- Variables controlades:

Les variables que s'han mantingut controlades han estat les mateixes que en el grup control (a la pàgina 35), però amb les següents variacions:

- Quantitat de llevat: s'han utilitzat 5 g de llevat en cada experiment.
  - Quantitat de glúcid: s'han utilitzat 5 g de glúcid en cada experiment.
  - Tipus de llevat: s'ha usat el llevat de la marca *Royal* en cada experiment.
  - Quantitat d'aigua destil·lada en l'erlenmeyer on es donarà la fermentació: en tots els casos s'han usat 60 ml d'aigua destil·lada.
  - Quantitat d'aigua destil·lada en l'erlenmeyer on s'hi afegirà la solució de NaOH i fenolftaleïna: en tots els casos s'han usat 100 ml d'aigua destil·lada.
  - Quantitat de fenolftaleïna: 3 gotes.
  - Concentració de la solució de NaOH: 0,1 M.
  - Quantitat de solució de NaOH afegida: 3 gotes.
- 
- Els pictogrames de seguretat:
- Davant els reactius, hem de tenir amb compte els pictogrames de seguretat que ens adverteixen dels perills que comporta.
- El reactiu utilitzat amb el que hem d'anar més en compte és NaOH, i el pictograma associat és el següent:

Corrosiu: el producte pot atacar o destruir metalls i causar danys irreversibles a la pell, als ulls o a altres teixits vius en cas de contacte o projecció.

Les mesures recomanables que podem prendre són utilitzar bata, guants i ulleres.

En acabar els experiments, també caldria abocar els residus en una ampolla que s'hauria de portar posteriorment a la deixalleria. Mai podríem tirar-ho per la pica perquè podria contaminar el medi ambient.



Pictogrames i mesures de seguretat de NaOH

➤ Procediment:

1. Preparar una solució concentrada de NaOH 0,1 M.
2. Mesurar 100 ml d'aigua destil·lada amb una proveta i abocar-los en un matràs d'Erlenmeyer amb l'ajuda de l'embut.
3. Amb un comptagotes, afegir en aquest mateix matràs tres gotes de la solució concentrada de NaOH 0,1 M.
4. Afegir dues gotes de fenolftaleïna.
5. Barrejar suaument amb una vareta.
6. Mesurar 60 ml d'aigua destil·lada amb una proveta i afegir-los en l'altre matràs d'Erlenmeyer amb un embut.
7. Pesar 5 g de llevat *Royal* amb una balança i sobre un vidre de rellotge i afegir-lo al matràs amb una cullera i l'ajuda d'un embut. No ens hem d'oblidar de tarar la balança amb el vidre de rellotge abans de col·locar-hi el llevat.
8. Pesar 5 g de sacarosa amb una balança i sobre un vidre de rellotge i afegir-lo al matràs amb una cullera i l'ajuda d'un embut. No ens hem d'oblidar de tarar la balança amb el vidre de rellotge abans de col·locar-hi el glúcid.
9. Barrejar amb una vareta.
10. Tapar els recipients ràpidament amb el tub que conté els taps que encaixen perfectament amb els matrassos d'Erlenmeyer.
11. Immediatament iniciar el cronòmetre.
12. Parar el cronòmetre just quan la solució amb fenolftaleïna es torni incolora.

➤ Concentracions en les dissolucions d'H<sub>2</sub>O + glúcid:

Glúcid	Massa molecular	Concentració inicial
<b>MONOSACÀRIDS</b>		
<b>Glucosa</b>	180,156 g/mol	0,093 M
<b>Fructosa</b>	180,062 g/mol	0,093 M
<b>DISACÀRIDS</b>		
<b>Sacarosa</b>	342,116 g/mol	0,048 M
<b>Maltosa</b>	342,29 g/mol	0,048 M
<b>Lactosa</b>	342,116 g/mol	0,048 M
<b>POLISACÀRIDS</b>		
<b>Midó</b>	162,141 g/mol	0,103 M

## 5. Resultats

En la següent taula trobem els resultats obtinguts en els experiments fets. En cada experiment, els substrats estan ordenats de més a menys eficàcia.

En l'annex (a partir de la pàgina 57) hi ha les gràfiques a partir de les quals s'han recollit les dades captades pel sensor de CO<sub>2</sub> dels experiments 1, 2, 3, 4 i 5.

SENSOR DE CO <sub>2</sub>				
<b>Experiment 1</b>				
Glúcid	Velocitat rèplica 1	Velocitat rèplica 2	Velocitat rèplica 3	Mitjana de les velocitats
Glucosa	226,7 ppm/s	267,9 ppm/s	304,4 ppm/s	266,3 ppm/s
Fructosa	206 ppm/s	294,2 ppm/s	295,2 ppm/s	265,1 ppm/s
Lactosa	238,4 ppm/s	250,6 ppm/s	230,7 ppm/s	239,9 ppm/s
Maltosa	203,8 ppm/s	254,8 ppm/s	259,1 ppm/s	239,2 ppm/s
Sacarosa	186,5 ppm/s	223,9 ppm/s	204,5 ppm/s	204,9 ppm/s
Midó	178,1 ppm/s	206,5 ppm/s	155,2 ppm/s	179,9 ppm/s
<b>Experiment 2</b>				
Endolcoridor	Velocitat rèplica 1	Velocitat rèplica 2	Velocitat rèplica 3	Mitjana de les velocitats
Edulcorant sòlid	528,2 ppm/s	511,9 ppm/s	508,3 ppm/s	516,1 ppm/s
Edulcorant líquid	238,8 ppm/s	247,8 ppm/s	256,3 ppm/s	247,6 ppm/s
Mascabado	203,7 ppm/s	196,4 ppm/s	201,1 ppm/s	200,4 ppm/s
Sucre morè	163,0 ppm/s	149,4 ppm/s	151,1 ppm/s	154,5 ppm/s
Panela	149,1 ppm/s	117,4 ppm/s	172,7 ppm/s	146,4 ppm/s
Estèvia	141,3 ppm/s	144,1 ppm/s	141,1 ppm/s	142,2 ppm/s
Mel	117,9 ppm/s	132,9 ppm/s	124,7 ppm/s	125,2 ppm/s
Xarop d'atzavara	125,9 ppm/s	134,3 ppm/s	114,2 ppm/s	124,8 ppm/s
Concentrat de poma	101,8 ppm/s	121,5 ppm/s	125,5 ppm/s	116,3 ppm/s
<b>Experiment 3</b>				
Llevat	Velocitat rèplica 1	Velocitat rèplica 2	Velocitat rèplica 3	Mitjana de les velocitats
Llevat químic <i>Royal</i>	178,1 ppm/s	206,5 ppm/s	155,2 ppm/s	179,9 ppm/s
Llevat químic <i>Belbake</i>	209,9 ppm/s	139,0 ppm/s	132,5 ppm/s	160,5 ppm/s
Llevat deshidratat <i>Vahiné</i>	8,5 ppm/s	4,1 ppm/s	10,6 ppm/s	7,7 ppm/s
Llevat fresc <i>Levital</i>	2,4 ppm/s	3,4 ppm/s	2,6 ppm/s	2,8 ppm/s
<b>Experiment 4</b>				
Quantitat de glúcid	Velocitat rèplica 1	Velocitat rèplica 2	Velocitat rèplica 3	Mitjana de les velocitats
1g Sacarosa	178,1 ppm/s	206,5 ppm/s	155,2 ppm/s	179,9 ppm/s
0,5g Sacarosa	121,9 ppm/s	127,4 ppm/s	132,3 ppm/s	127,2 ppm/s
2g Sacarosa	105,3 ppm/s	98,6 ppm/s	107,1 ppm/s	103,7 ppm/s
<b>Experiment 5</b>				
Quantitat de llevat	Velocitat rèplica 1	Velocitat rèplica 2	Velocitat rèplica 3	Mitjana de les velocitats
2g Llevat <i>Royal</i>	213,6 ppm/s	208,5 ppm/s	211,8 ppm/s	211,3 ppm/s
1g Llevat <i>Royal</i>	178,1 ppm/s	206,5 ppm/s	155,2 ppm/s	179,9 ppm/s
0,5 Llevat <i>Royal</i>	65,4 ppm/s	52,9 ppm/s	60,6 ppm/s	179,1 ppm/s
<b>Grups control</b>				
Llevat	Velocitat rèplica 1	Velocitat rèplica 2	Velocitat rèplica 3	Mitjana de les velocitats
Llevat químic <i>Royal</i>	0,1 ppm/s	0,0 ppm/s	0,2 ppm/s	0,1 ppm/s
Llevat químic <i>Belbake</i>	0,2 ppm/s	0,2 ppm/s	0,1 ppm/s	0,2 ppm/s
Llevat deshidratat <i>Vahiné</i>	0,0 ppm/s	0,0 ppm/s	0,0 ppm/s	0,0 ppm/s
Llevat fresc <i>Levital</i>	0,0 ppm/s	0,1 ppm/s	0,0 ppm/s	0,0 ppm/s
<b>REACCIÓ EN CADENA</b>				
<b>Experiment 6</b>				
Glúcid	Temps rèplica 1	Temps rèplica 2	Temps rèplica 3	Mitjana dels temps
Glucosa	184 s	237 s	224 s	215 s
Fructosa	193 s	160 s	212 s	188 s
Maltosa	147 s	165 s	161 s	158 s
Sacarosa	111 s	105 s	123 s	113 s
Lactosa	89 s	115 s	132 s	112 s
Midó	93 s	99 s	115 s	102 s

## CONCLUSIONS

Com podem veure en les gràfiques de la pàgina 57 i en la taula de la pàgina 46, el grup control ens ha permès comprovar que els resultats són deguts a les modificacions que introduïm en la variable independent i que tant el llevat com el sensor de CO<sub>2</sub> del qual partim són fiables. Seguidament s'exposen les conclusions a les quals he pogut arribar:

### **Experiment 1: Influeix el tipus de glúcid en la velocitat de la reacció de fermentació alcohòlica?**

(Per veure les gràfiques del sensor aneu a la pàgina 58 de l'annex. A la pàgina 46 hi trobareu també la taula dels resultats).

➤ Hipòtesi 1: Potser la glucosa és el glúcid més eficaç en la reacció.

Es valida aquesta hipòtesi ja que com s'observa en la taula de la pàgina 37, a partir de la glucosa s'ha obtingut la màxima velocitat de producció de CO<sub>2</sub>.

A partir de la fructosa també s'ha aconseguit una velocitat alta que només varia 1,2 ppm/s respecte la glucosa. Podem atribuir aquesta semblança al fet que tots dos són monosacàrids i la concentració de la dissolució utilitzada és de 0,05 M en ambdós casos. Tal com es pot veure en la pàgina 37, és més elevada que en el cas de la sacarosa, la lactosa, la maltosa i el midó.

Per tant, podem concloure que a partir dels resultats, els monosacàrids són els glúcids més eficaços en la fermentació.

Aquest fet es podria explicar perquè amb la mateixa quantitat utilitzada de cada glúcid (1 g), hi ha més mols de monosacàrid, ja que les molècules són més petites. D'aquesta manera, en augmentar la concentració i hi ha més molècules que poden reaccionar, fet que porta a un augment de la velocitat de reacció.

➤ Hipòtesi 2: Potser utilitzant midó no es produirà la fermentació alcohòlica.

Es refusa aquesta hipòtesi. El midó ha estat el glúcid a partir del qual s'ha obtingut una velocitat més baixa, però ha servit per a la fermentació alcohòlica.

➤ Hipòtesi 3: Potser com més mols/L de glúcid té la solució, més ràpida serà la reacció.

Es refusa aquesta hipòtesi. Hem pogut observar que l'ordre de l'eficàcia dels glúcids no correspon al de les concentracions. És a dir, com més concentració en la dissolució, la velocitat de reacció no és major. La concentració més alta (la del midó)



es troba en últim lloc, mentre que la concentració més baixa (la de la lactosa, la maltosa i la sacarosa) es troben en segon lloc després dels monosacàrids.

### **Experiment 2: Influeix el tipus d'endolcidor en la velocitat de la reacció de fermentació alcohòlica?**

(Per veure les gràfiques del sensor, aneu a la pàgina 59 de l'annex. A la pàgina 46 hi trobareu també la taula dels resultats).

➤ Hipòtesi 1: Potser el xarop és l'endolcidor menys eficaç en el procés.

Es refusa la hipòtesi, ja que l'endolcidor a partir del qual s'ha obtingut menys [CO<sub>2</sub>] per unitat de temps ha estat el concentrat de poma.

Podem dir que els resultats en el cas dels endolcidors naturals es relacionen amb la taula de la pàgina 39, on s'indica la quantitat de glúcids que hi ha en cada tipus d'endolcidor. El concentrat de poma i el xarop d'atzavara són els endolcidors naturals que menys glúcids contenen; per tant, els resultats concorden amb aquesta quantitat. Però, en el cas dels endolcidors sintètics, la seva eficàcia no és deguda a la quantitat de glúcids, ja que com podem veure en la mateixa taula, presenten entre 0 g i 0,1 g de glúcids i són els que han produït més [CO<sub>2</sub>] per unitat de temps.

➤ Hipòtesi 2: Potser els endolcidors naturals són menys eficaços que els sintètics.

Puc validar aquesta hipòtesi ja que a partir dels endolcidors naturals s'obté una velocitat per sota de 200,4 ppm/s, mentre que a partir dels endolcidors sintètics s'obté una velocitat més alta.

### **Experiment 3: Influeix el tipus de llevat en la velocitat de la reacció de fermentació alcohòlica?**

(Per veure les gràfiques del sensor, aneu a la pàgina 61 de l'annex. A la pàgina 46 hi trobareu també la taula dels resultats).

➤ Hipòtesi 1: Potser el llevat químic és el menys eficaç en el procés.

Refuso aquesta hipòtesi perquè el llevat fresc ha estat el llevat que menys [CO<sub>2</sub>] ha emès per unitat de temps i els llevats químics han estat els més eficaços. En primer lloc el llevat *Royal* i, en segon lloc, el *Belbake*.

Els llevats químics són els més eficaços probablement pel fet que són llevats artificials que contenen gasificants tal com indica la taula de la pàgina 40.

Per contra, el llevat fresc és el menys eficaç, ja que al ser un llevat totalment natural, requereix d'unes condicions especials per fermentar i d'un temps d'adaptació al medi.

- Hipòtesi 2: Potser utilitzant el llevat deshidratat no es produirà la fermentació alcohòlica.

Es refusa la hipòtesi, ja que el llevat deshidratat ha permès que es dugués a terme el procés de fermentació alcohòlica. Tot i això, s'ha aconseguit una quantitat molt reduïda de CO<sub>2</sub> emès/ temps respecte als llevats químics.

#### **Experiment 4: Influeix la quantitat de glúcid en la velocitat de la reacció de fermentació alcohòlica?**

(Per veure les gràfiques del sensor, aneu a la pàgina 62 de l'annex. A la pàgina 46 hi trobareu també la taula dels resultats).

- Hipòtesi 1: Potser com més quantitat de sacarosa afegim, més [CO<sub>2</sub>] s'emet per unitat de temps.

Es refusa la hipòtesi. Utilitzant 1 g de sacarosa, la reacció es produeix més ràpidament, seguit dels 0,5 g i, finalment, dels 2 g. En aquest experiment, hem de tenir en compte que només s'ha utilitzat sacarosa.

Potser amb 1 g de sacarosa es produeix més [CO<sub>2</sub>] / temps perquè la quantitat de llevat en la solució també és de 1 g. D'aquesta manera, tota la sacarosa es consumeix al mateix temps i el procés es produeix més ràpidament. No hi ha una sobresaturació.

Per altra banda, com més quantitat de sacarosa afegim, la [CO<sub>2</sub>] emès/ temps no és major perquè el llevat es troba limitat i no pot reaccionar amb més molècules de glúcid en el medi.

#### **Experiment 5: Influeix la quantitat de llevat en la velocitat de la reacció de fermentació alcohòlica?**

(Per veure les gràfiques del sensor, aneu a la pàgina 63 de l'annex. A la pàgina 46 hi trobareu també la taula dels resultats).

- Hipòtesi 1: Potser com més quantitat de llevat afegim, més ràpida serà la reacció.

Es pot validar aquesta hipòtesi ja que he pogut observar que al afegir 0,5 g de llevat, la [CO<sub>2</sub>] emès/ temps és menor en comparació amb la que s'ha obtingut amb 1 g de llevat. La que s'ha obtingut a partir de 2 g de llevat ha estat la major.

Aquest fet es podria argumentar a partir de la idea que com més quantitat de llevat hi ha en el medi, més  $[\text{CO}_2]$ / temps es pot emetre, ja que hi ha un nombre més elevat de cèl·lules que reaccionen amb la mateixa quantitat de glúcid. Per tant, tarden menys temps en produir més  $[\text{CO}_2]$ .

**Experiment 6: Es pot determinar quin és el glúcid més eficaç en la reacció de fermentació alcohòlica per mitjà d'una reacció en cadena amb una dissolució concentrada de NaOH i fenolftaleïna?**

(A la pàgina 46 trobareu la taula dels resultats).

- Hipòtesi 1: Potser la fermentació alcohòlica dels llevats no produeix prou diòxid de carboni com per acidificar la dissolució concentrada bàsica de NaOH.

Puc refusar aquesta hipòtesi, ja que s'ha aconseguit produir diòxid de carboni a una pressió suficient com per acidificar la solució concentrada bàsica de NaOH.

Puc dir que ha estat possible gràcies al llevat químic *Royal*, que conté gasificants (bicarbonat) i això provoca l'augment de la pressió al recipient, la qual cosa ens ha permès que la reacció es produís a tal pressió que la reacció en cadena funcionés.

- Hipòtesi 2: Potser els resultats de l'experiment 1 i els de l'experiment 6 coincideixen.

En la taula de la pàgina 46, s'han ordenat els substrats utilitzats de més a menys eficàcia, tenint en compte el temps que ha trigat a desaparèixer el color lilós de la fenolftaleïna, ja que això pot donar una idea de la velocitat de producció de  $\text{CO}_2$ ; com menys temps triga, més velocitat.

Es refusa aquesta hipòtesi. Encara que la majoria dels glúcids coincideixin, trobem una diferència en els disacàrids respecte a l'experiment 1. La diferència que veiem és que en el cas del primer experiment, en la taula anteriorment anomenada, l'ordre dels disacàrids de més a menys eficàcia (que ocupen la segona, tercera i quarta posició) és el següent: lactosa, maltosa i sacarosa. En canvi, en el sisè experiment, l'ordre és aquest: maltosa, sacarosa i lactosa.

Podríem atribuir aquesta diferència al fet que el mètode emprat amb el sensor és quantitatiu, mentre que l'emprat per la reacció en cadena és qualitatiu.

# 1. Conclusions generals

Un cop realitzat el treball i analitzats els resultats podem dir que s'han complert tots els objectius plantejats i he pogut validar 3 de les 11 hipòtesis que vaig posar en un inici. A grans trets, a partir dels objectius que m'he proposat en la introducció exposo les conclusions següents:

- Objectiu 1: Determinar quin és el glúcid que produeix més CO<sub>2</sub> per unitat de temps en la reacció i fer-ho utilitzant dues metodologies diferents: un sensor de CO<sub>2</sub> i una reacció en cadena.
  - A partir de la glucosa, s'obté més CO<sub>2</sub> per unitat de temps que utilitzant la resta de glúcids.
  - La fermentació alcohòlica dels llevats es pot fer amb qualsevol dels tipus de glúcid que he fet servir.
  - Les concentracions de les dissolucions d'H<sub>2</sub>O i glúcid no sempre influeixen en la velocitat de producció de CO<sub>2</sub>.
  
- Objectiu 2: Determinar quin és l'endolcidor que produeix més CO<sub>2</sub> per unitat de temps.
  - A partir de l'endolcidor sintètic líquid, s'obté més CO<sub>2</sub> per unitat de temps que utilitzant la resta d'endolcitors i glúcids.
  - El mascabado és l'endolcidor natural més eficaç.
  - Com més quantitat de glúcids hi ha en els endolcitors naturals, més [CO<sub>2</sub>]/temps.
  - A partir dels endolcitors sintètics s'obté una velocitat de producció de CO<sub>2</sub> més elevada que a partir dels naturals.
  
- Objectiu 3: Determinar quin és el llevat més eficaç en el procés de fermentació alcohòlica.
  - Els llevats químics són els més eficaços, ja que són uns llevats artificials que contenen gasificants per optimitzar la fermentació. En concret el més eficaç és el de la marca *Royal*.
  - El llevat fresc és el menys eficaç perquè és un llevat totalment natural que requereix unes condicions especials per fermentar i un temps d'adaptació al medi.

- El llevat deshidratat és el segon menys eficaç, ja que al ser més natural que el químic, requereix d'unes condicions especials per fermentar i d'un temps d'adaptació al medi.
- Objectiu 4: Determinar quina és la quantitat de glúcid que optimitza la velocitat del procés de fermentació alcohòlica.
    - Amb 1 g de sacarosa es produeix més CO<sub>2</sub> per unitat de temps perquè, com que hi ha la mateixa quantitat de glúcid i de llevat (1 g), els llevats poden degradar el glúcid més ràpidament.
    - Com més sacarosa afegim a la reacció, la velocitat de producció de CO<sub>2</sub> no és major perquè la quantitat de llevat segueix essent d'1 g i aquests no poden degradar una quantitat més elevada de glúcid en el mateix temps.
  - Objectiu 5: Determinar quina és la quantitat de llevat que optimitza la velocitat del procés de fermentació alcohòlica.
    - Com més quantitat de llevat, més elevada és la velocitat de reacció, ja que hi ha un nombre més elevat de cèl·lules i per això poden tardar menys temps a produir la mateixa quantitat de CO<sub>2</sub>.

Per tant, per fer un pa més esponjós li podria recomanar al forner utilitzar l'endolcidor sintètic líquid i llevat químic *Royal* amb una quantitat més elevada de llevat que de substrat, encara que no serien els ingredients més sans i beneficiosos per a la salut.

## 2. Valoració personal

Personalment, m'ha agradat molt fer aquest treball. A casa sempre intentem utilitzar endolcidents naturals i la curiositat per conèixer-ne l'eficàcia m'ha portat a dur a terme aquesta recerca amb més entusiasme.

He tingut algunes limitacions en el moment de fer el treball, com per exemple que el fet que hi hagi endolcidents poc coneguts, fa que hi hagi poca demanda i no siguin venuts en botigues i supermercats propers, de manera que no he pogut disposar de tots els endolcidents que volia. El mateix ha passat amb els llevats; m'hauria agradat poder comparar més marques. Pel que fa als endolcidents, una altra limitació amb la qual m'he trobat ha estat que no tots indiquen el tipus de glúcid que contenen, fet que no ha permès extreure conclusions més

precises. També vaig tenir limitacions amb el sensor de CO<sub>2</sub>, ja que és de préstec del CRP del Gironès i només he disposat d'unes setmanes per fer-lo servir.

Probablement s'hauria pogut treballar i expandir més la recerca si s'hagués disposat de més temps, però, tot i així, crec que segons les consideracions que s'han tingut en compte no hi ha hagut fracassos i, per tant, no puc negar l'èxit d'aquest treball.

### **3. Recomanacions**

Com a principal recomanació, crec que hauria d'haver tingut en compte les masses moleculars (mol/L) dels glúcids per tal d'utilitzar les mateixes i no basar-me només en la massa (en grams). Si hagués sigut així, els resultats haurien estat més fiables, tot i que les conclusions que s'han extret han estat d'acord a la metodologia emprada.

Tenint en compte que la comparació s'ha fet utilitzant un nombre concret i reduït de glúcids, llevats i endolçidors, no s'han de generalitzar els resultats. En el cas dels llevats, he utilitzat una quantitat reduïda de marques; m'hauria agradat utilitzar llevat natural, però ha estat impossible trobar-ne als supermercats.

Pel que fa al quart i cinquè objectiu, hauria d'haver repetit els experiments amb una varietat més àmplia de quantitats de glúcid i llevat per tal d'aconseguir unes conclusions més acurades.

I, finalment, per tal que els resultats fossin més precisos, s'haurien d'haver fet més rèpliques, però per qüestió de temps ha estat difícil.

## BIBLIOGRAFIA I BIBLIOGRAFIA WEB

Llibre **Biologia-2** (Unitat 2: Els glúcids)

**Barcelona: Vicens Vives Batxillerat, 2015.** Ciències i tecnologia

CONCEPTO DE FERMENTACIÓN [en línia] [Consulta: 3 d'abril de 2019]

<<https://concepto.de/fermentacion/>>

CONCEPTO DE LEVADURA [en línia] [Consulta: 3 d'abril de 2019]

<<https://concepto.de/levadura/>>

ASTURNATURA **Los monosacáridos** [en línia] [Consulta: 7 d'abril de 2019]

<<https://www.asturnatura.com/articulos/glucidos/monosacaridos.php>>

KENSHÔ SAKE ¿**Que es la levadura?** [en línia] [Consulta: 14 d'abril de 2019]

<<http://www.kenshosake.com/ca/que-es-la-levadura-es-el-alma-de-la-fermentacion/>>

XTEC.CAT **Els fongs** [en línia] [Consulta: 14 d'abril del 2019]

<<http://www.xtec.cat/~dnavarr7/fongs.htm>>

LA CONCA 5.1 **La màgia dels llevats** [en línia] [Consulta: 17 d'abril del 2019]

<<https://www.laconca51.cat/la-magia-dels-llevats/>>

ÉSSERS MODÈLICS ENTRE LA NATURA I EL LABORATORI [en línia] [Consulta: 19 d'abril del 2019]

<<http://essersmodelics.csic.es/llevat.html>>

YLLA **Llevat funció i propietats** [en línia] [Consulta: 19 d'abril del 2019]

<<http://www.ylla1878.com/blog/2017/07/el-llevat-funcio-i-propietats/>>

ICARITO **Estructura de las levaduras** [en línia] [Consulta: 21 d'abril del 2019]

<<http://www.icarito.cl/2009/12/estructura-de-las-levaduras.shtml/>>

GALEON [en línia] [Consulta: 21 d'abril del 2019]

<<http://alezamora.galeon.com/aficiones1893538.html>>

LIFEDER

**Galactosa: Estructura, Funciones, Metabolismo y Patologías** [en línia] [Consulta: 22 d'abril del 2019]

<<https://www.lifeder.com/galactosa/>>

¿**Qué es la fermentación láctica?** [en línia] [Consulta: 1 de maig de 2019]

<<https://www.lifeder.com/fermentacion-lactica/>>

**Fermentación butírica** [en línia] [Consulta: 17 d'agost del 2019]

<<https://www.lifeder.com/fermentacion-butirica/>>

WIKIPEDIA

**Fructosa** [en línia] [Consulta: 22 d'abril del 2019]

< <https://ca.wikipedia.org/wiki/Fructosa> >

**Glucosa** [en línia] [Consulta: 22 d'abril del 2019]

< <https://ca.wikipedia.org/wiki/Glucosa> >

**Levadura** [en línia] [Consulta: 19 d'abril del 2019]

< <https://es.wikipedia.org/wiki/Levadura#Alcoh%C3%B3lica> >

**Sacarosa** [en línia] [Consulta: 22 d'abril del 2019]

< <https://ca.wikipedia.org/wiki/Sacarosa> >

**Saccharomyces bayanus** [en línia] [Consulta: 1 de maig de 2019]

< [https://es.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces\\_bayanus](https://es.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces_bayanus) >

FUNCIÓN.INFO **Función de la Fructosa** [en línia] [Consulta: 22 d'abril del 2019]

< <https://www.funcion.info/fructosa/> >

VIX **Alimentos que contienen glucosa** [en línia] [Consulta: 22 d'abril del 2019]

< <https://www.vix.com/es/imj/salud/2011/05/14/alimentos-que-contienen-glucosa> >

TODA MATERIA **Glucosa** [en línia] [Consulta: 22 d'abril del 2019]

< <https://www.todamateria.com/glucosa/> >

OKDIARIO **Tipos de azúcar: fructosa, glucosa, sacarosa** [en línia] [Consulta: 22 d'abril del 2019]

< <https://okdiario.com/salud/tipos-azucar-fructosa-glucosa-sacarosa-2986299> >

QUIMICA.ES [en línia] [Consulta: 22 d'abril del 2019]

< <http://www.quimica.es/enciclopedia/Sacarosa.html> >

PIRAMIDE ALIMENTICIA **Disacáridos: maltosa** [en línia] [Consulta: 22 d'abril de 2019]

< <https://www.piramidealimenticia.online/disacaridos/maltosa/> >

IOGURT IN NUTRITION **¿Qué función tiene la lactosa?** [en línia] [Consulta: 22 d'abril de 2019]

< <https://www.yogurtinnutrition.com/es/que-funcion-tiene-la-lactosa/> >

VERITAS **Guia d'alternatives al sucre** [en línia] [Consulta: 29 d'abril del 2019]

< <https://www.veritas.es/ca/guia-dalternatives-al-sucre/> >

CLAROR **Nutrició, aliments** [en línia] [Consulta: 29 d'abril del 2019]

< <https://www.claror.cat/revistaclaror/article/revista-171220-sucre-i-endolcitors> >

RECEPTES BY CUINA **Alternatives al sucre blanc** [en línia] [Consulta: 29 d'abril del 2019]

< [https://www.cuina.cat/consells-de-cuina/alternatives-al-sucre-blanc\\_103739\\_102.html](https://www.cuina.cat/consells-de-cuina/alternatives-al-sucre-blanc_103739_102.html) >

ETS EL QUE MENGES **La guia definitiva d'endolcitors** [en línia] [Consulta: 29 d'abril del 2019]

< <https://etselquemenges.cat/abc/la-guia-definitiva-dendolcitors> >



ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR **Fermentador** [en línia] [Consulta: 1 de maig de 2019]  
<<http://epsem.upc.edu/~fermentador/fonaments%20materia.html>>

LA FERMENTACIÓN EN EL CUERPO HUMANO [en línia] [Consulta: 1 de maig de 2019]  
<<http://lafermentacionenelserhumano.blogspot.com/>>

UAB.ES **LDH** [en línia] [Consulta: 1 de maig de 2019]  
<<http://bioinformatica.uab.es/biocomputacio/treballs00-01/estrada-illescas/pag4.html>>

TECNOLOGIA **Fermentació acètica** [en línia] [Consulta: 1 de maig de 2019]  
<<https://sites.google.com/site/tecnologiaiesjv/services/metodes-quimics/acetica---ribes>>

SANUM **Les 15 conseqüències del consum de sucre sobre la nostre salut** [en línia]  
[Consulta: 6 d'octubre de 2019]  
<<https://www.sanum.cat/les-15-consequencies-del-consum-de-sucre-sobre-la-nostre-salut/>>

HAY TIPOS **Tipos de fermentación** [en línia] [Consulta: 28 de setembre de 2019]  
<<https://haytipos.com/fermentacion/>>

BIOLOGIA 2N BATXILLERAT (PDF) [Consulta: 22 d'abril de 2019]  
<[http://cosmolinux.no-ip.org/recursos\\_aula/BIO1erBAT/Les\\_molecules\\_de\\_la\\_vida/Glucids/P2\\_05\\_BIOMOLECULES\\_4\\_GLUCIDS.pdf](http://cosmolinux.no-ip.org/recursos_aula/BIO1erBAT/Les_molecules_de_la_vida/Glucids/P2_05_BIOMOLECULES_4_GLUCIDS.pdf)>

GLUCOSA (Slideshare) [Consulta: 22 d'abril de 2019]  
<<https://es.slideshare.net/AdielEnriquezC/glucosa-39531642>>

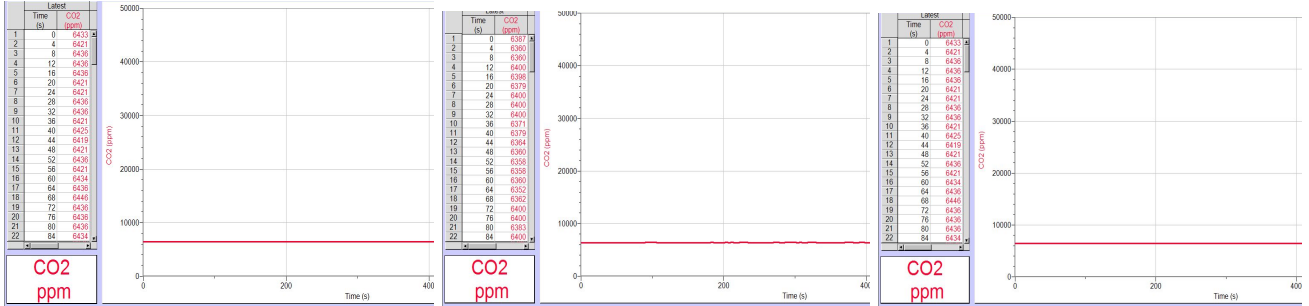
BIOQUÍMICA **Glúcids** (PDF) [Consulta: 22 d'abril de 2019]  
<<https://blocs.xtec.cat/marafapremiademar/files/2012/10/1.03.Gl%C3%BAcids.pdf>>

# ANNEX

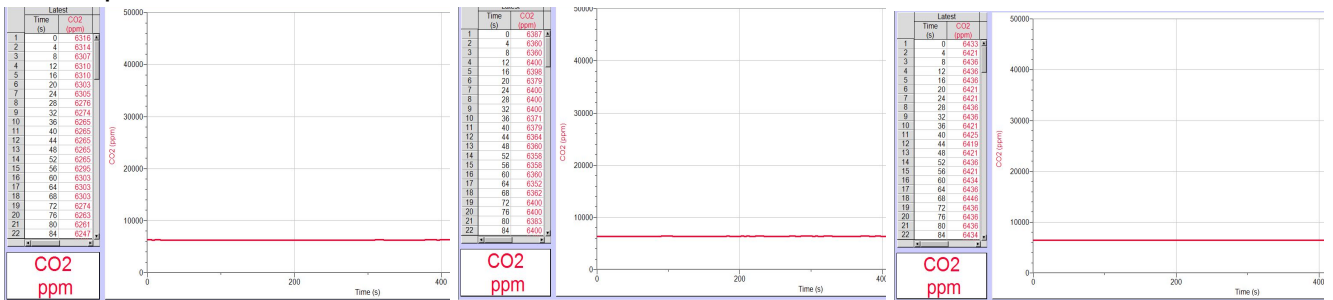
## Les gràfiques del sensor de CO<sub>2</sub>

### Grups control:

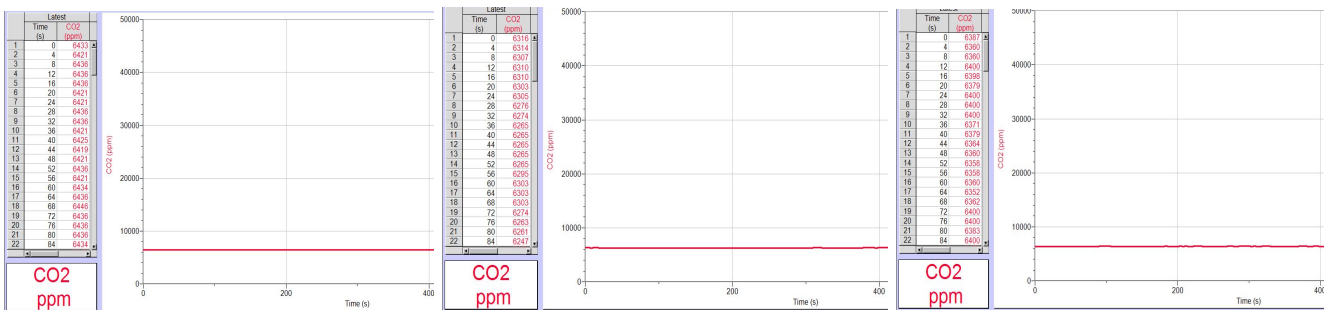
#### Llevat químic Royal



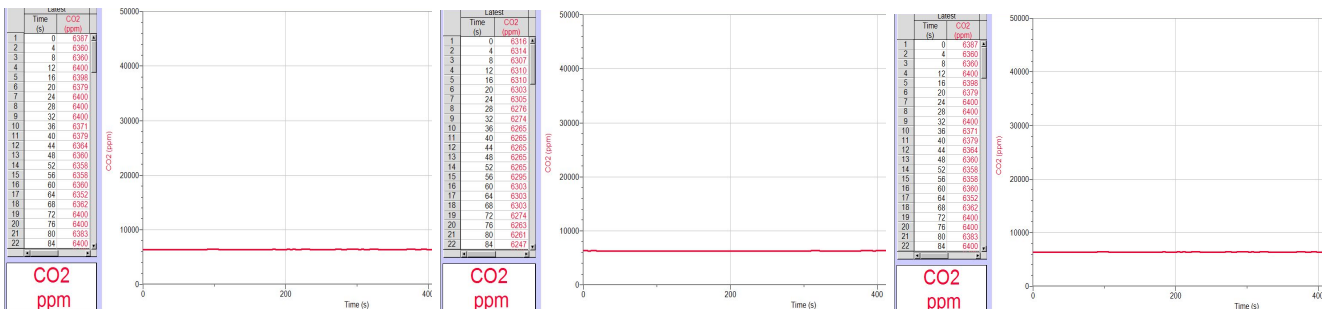
#### Llevat químic Belbake



#### Llevat deshidratat Vahiné

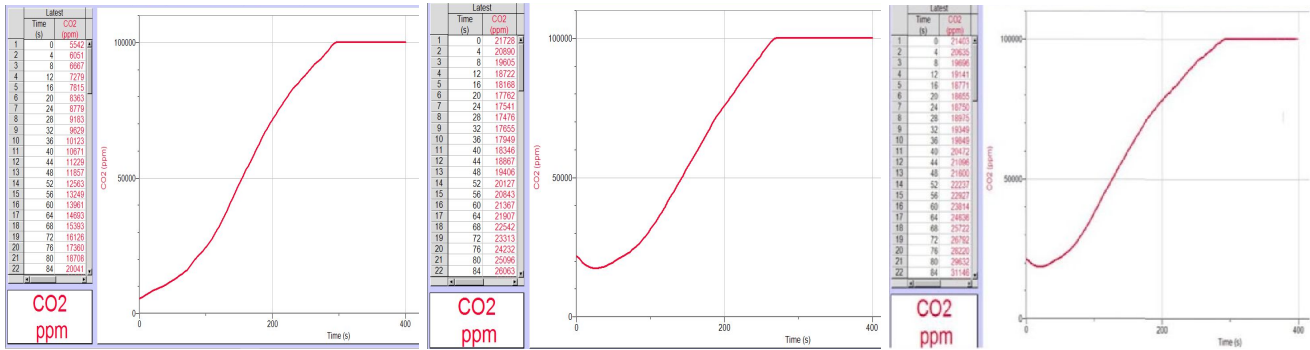


#### Llevat fresc Levital

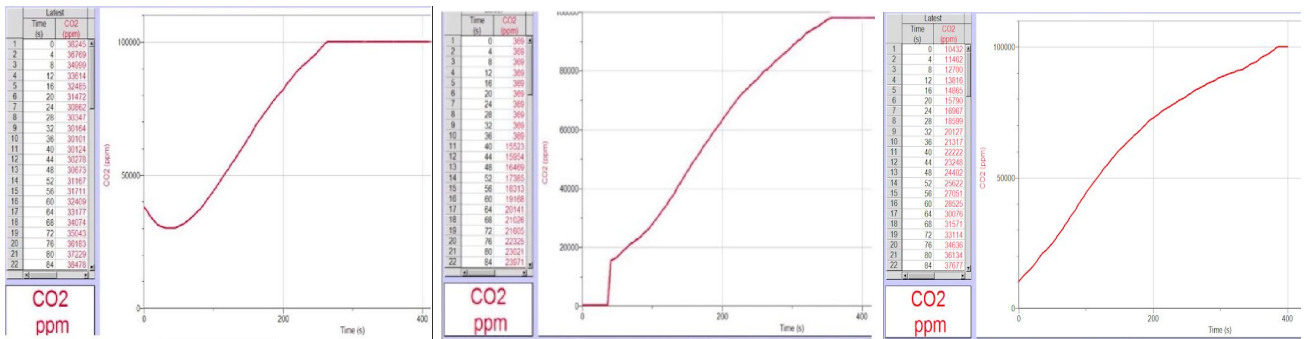


# Experiment 1:

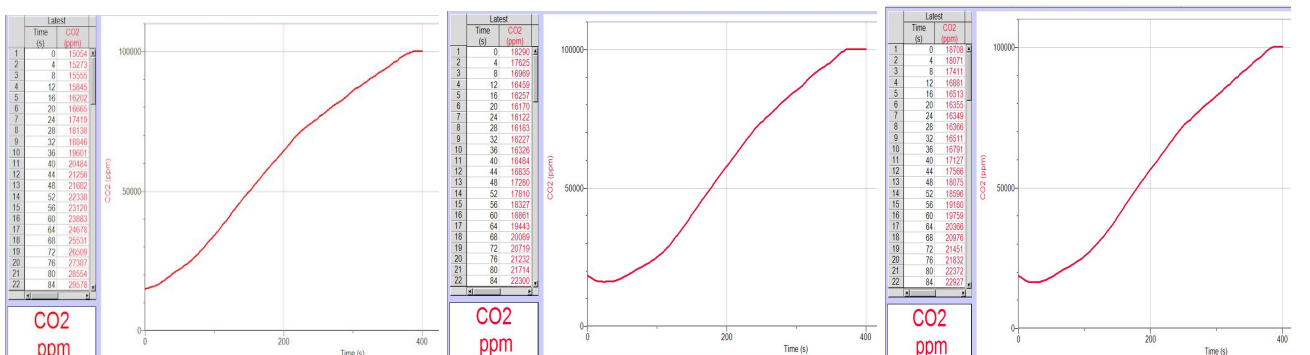
## Glucosa



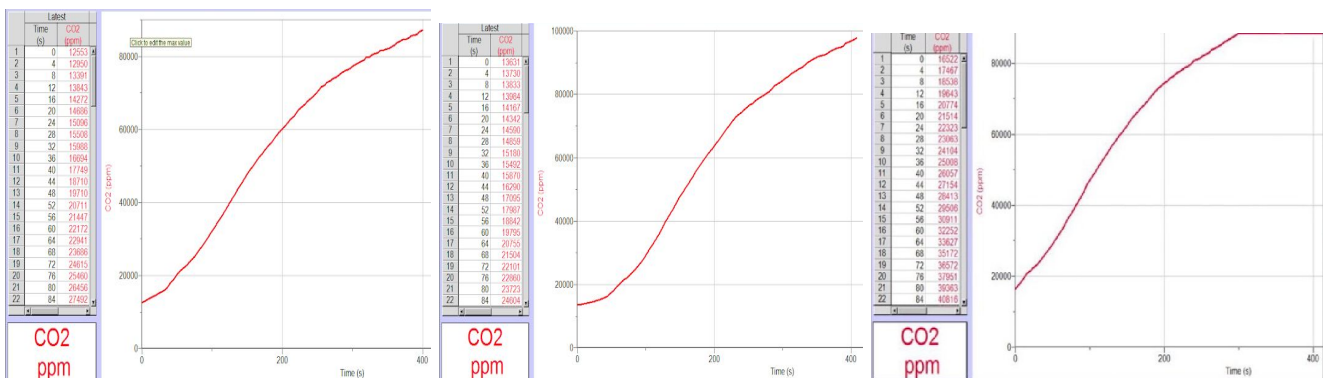
## Fructosa



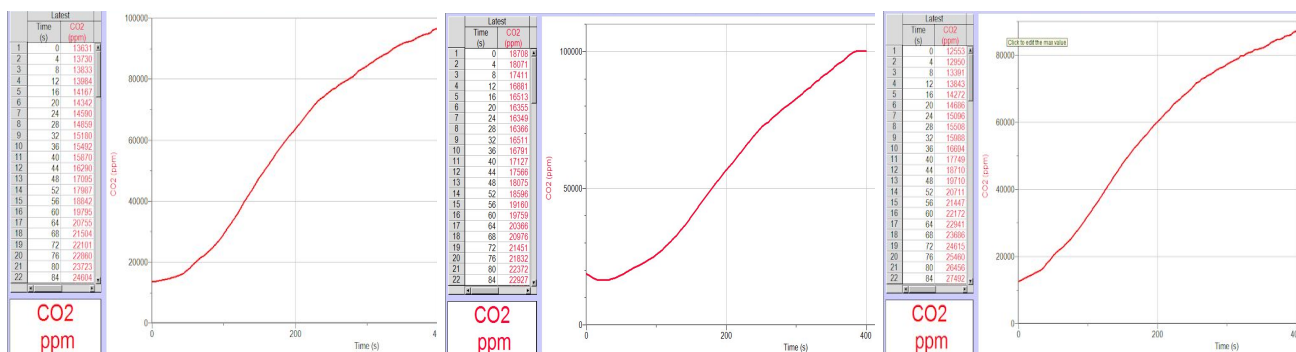
## Lactosa



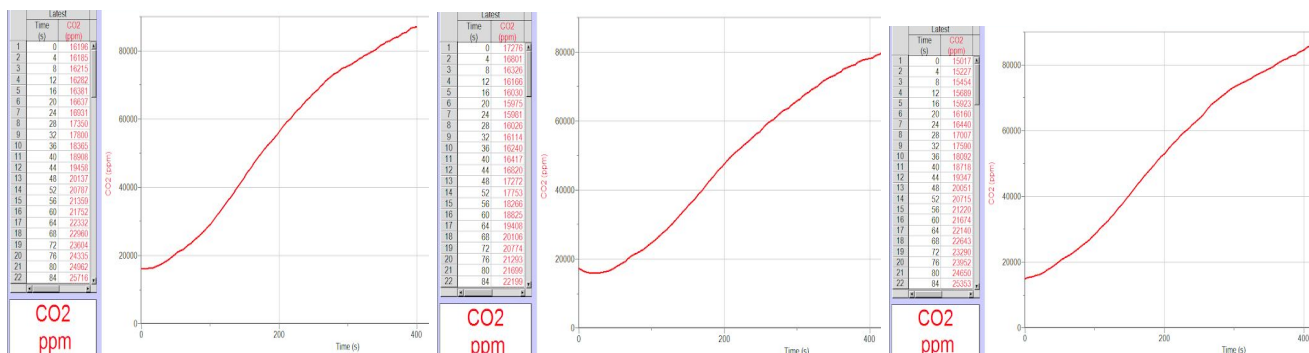
## Maltosa



## Sacarosa

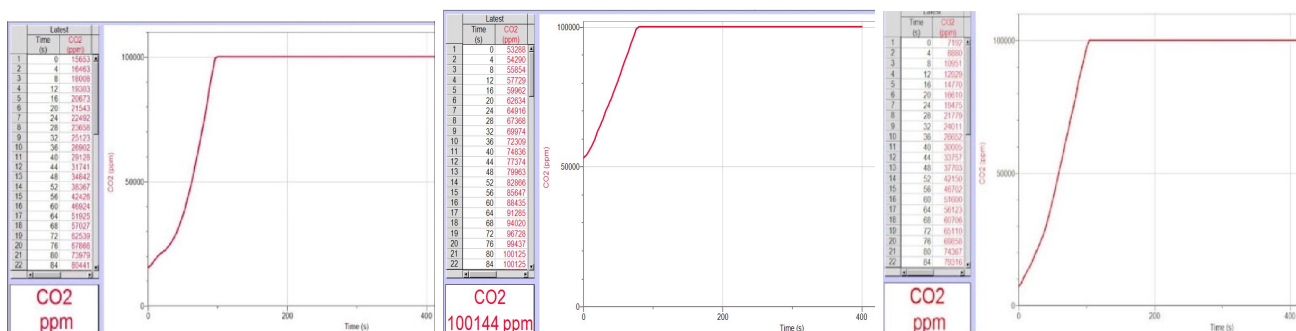


## Midó

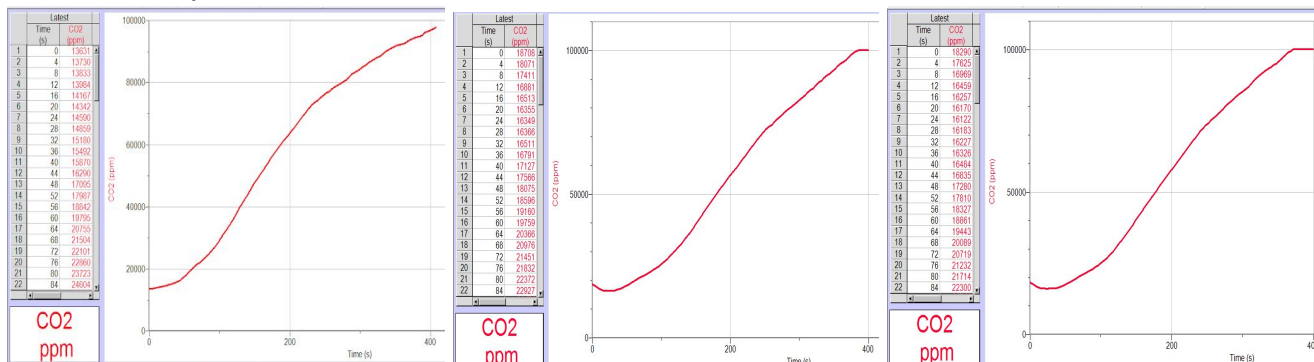


## Experiment 2:

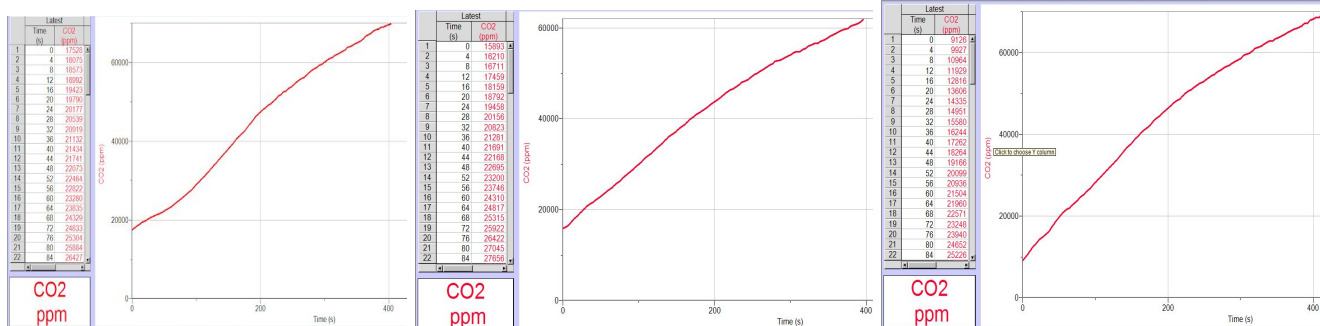
### Edulcorant sòlid



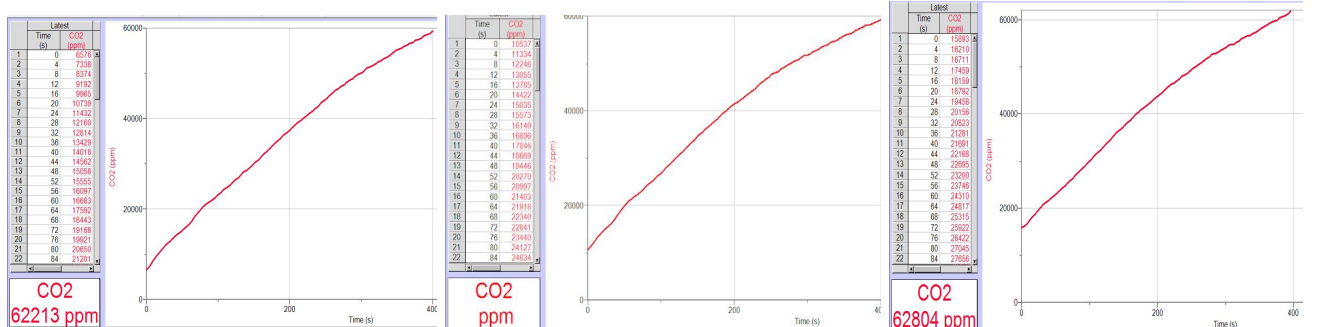
### Edulcorant líquid



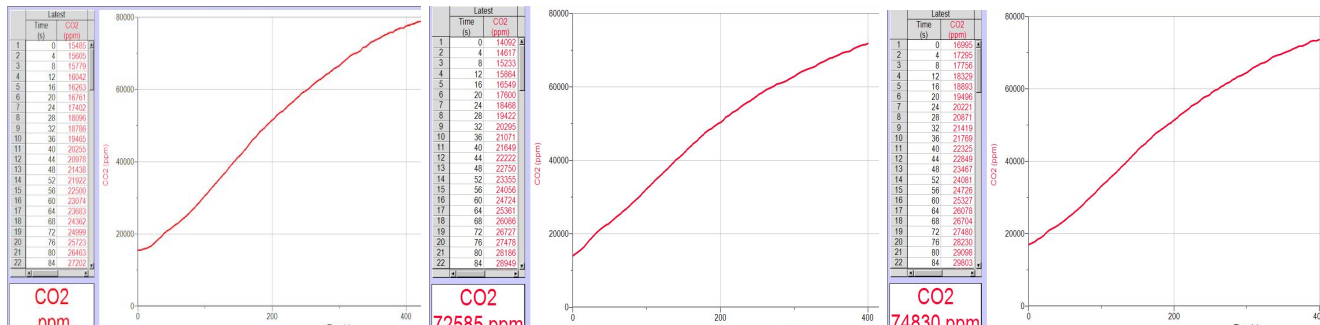
## Mascabado



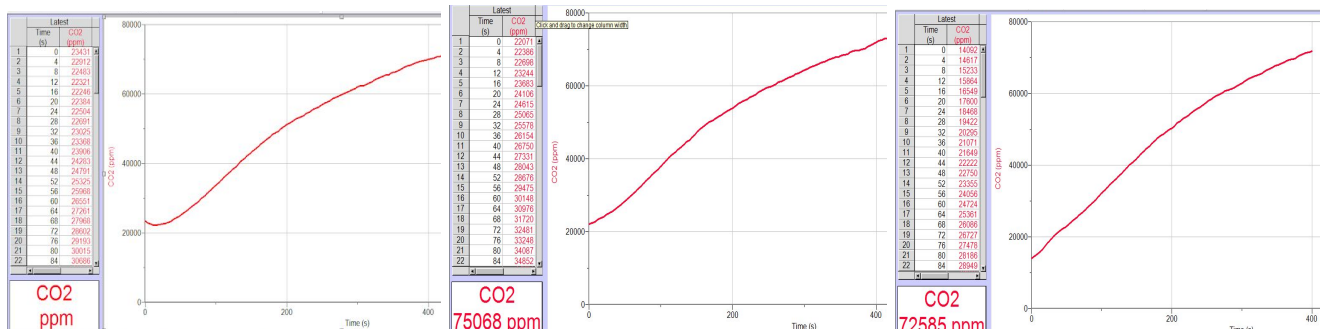
## Sucre morè



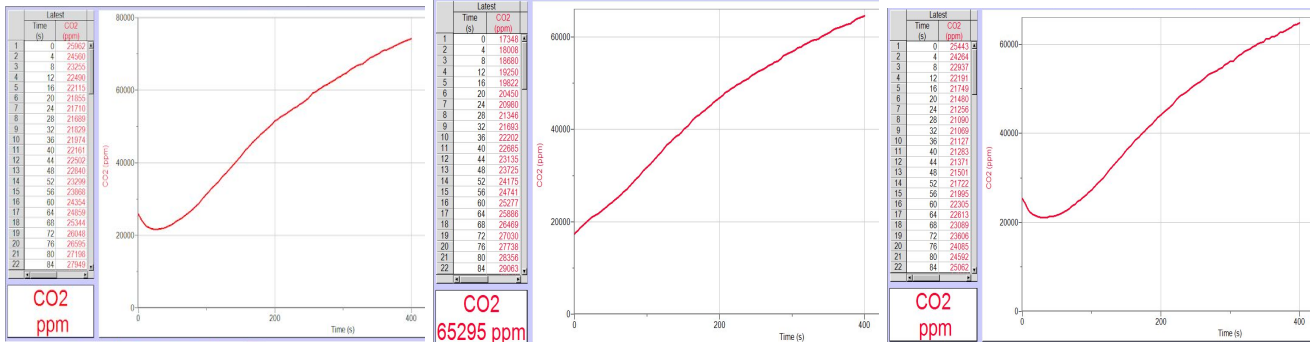
## Panela



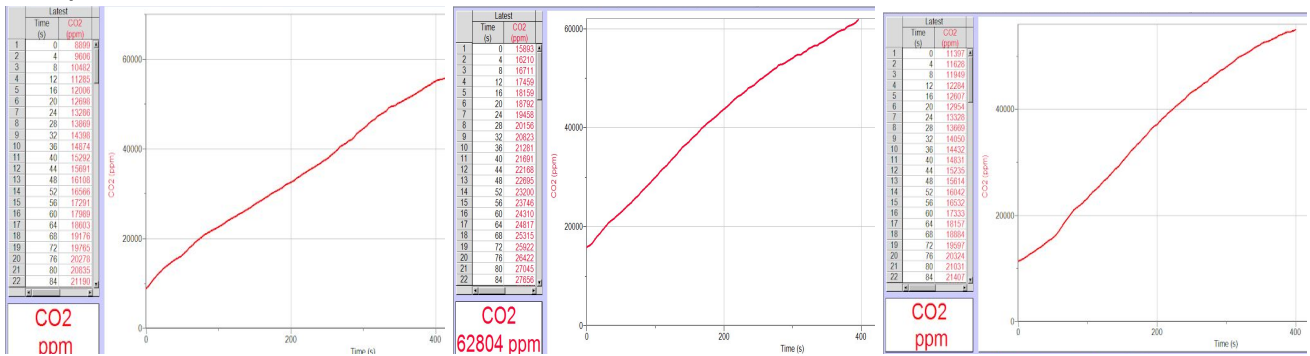
## Estèvia



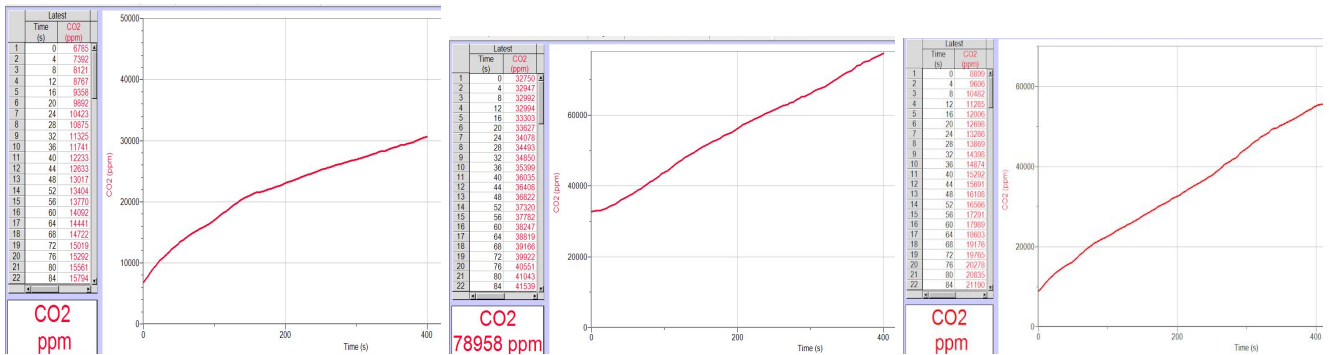
## Mel



## Xarop

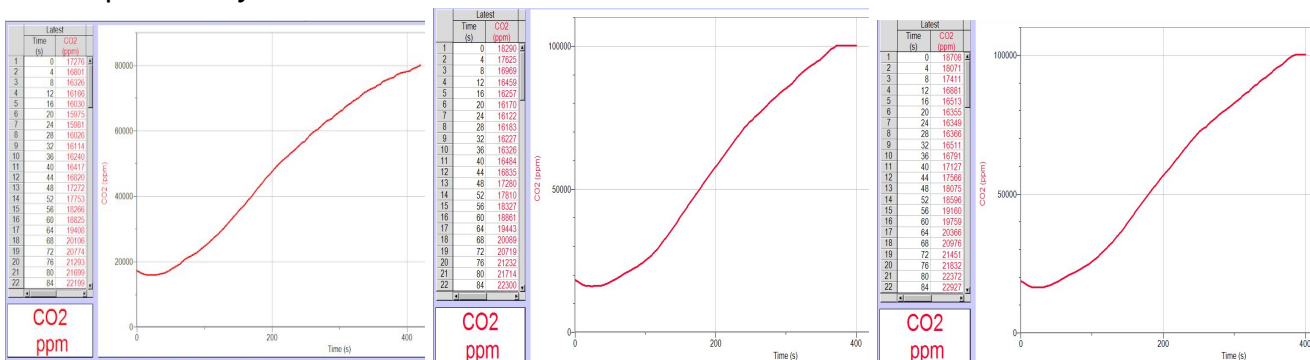


## Concentrat de poma

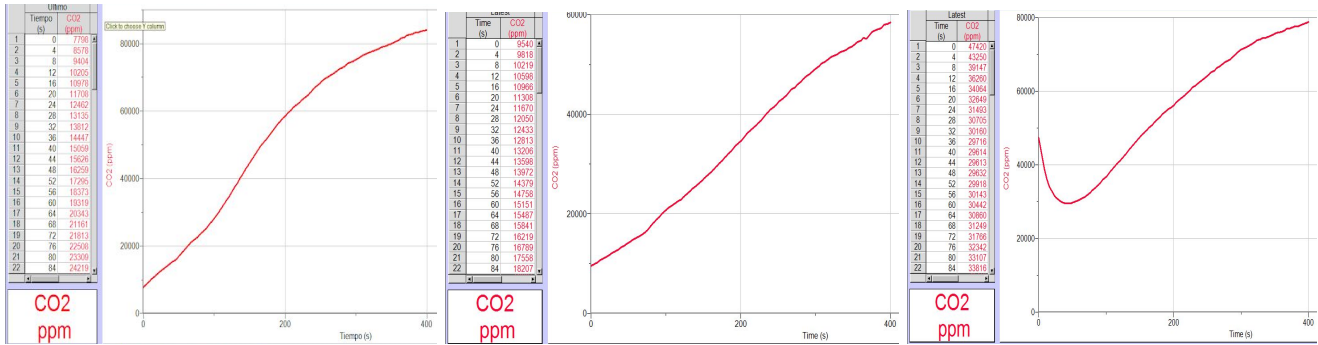


## Experiment 3:

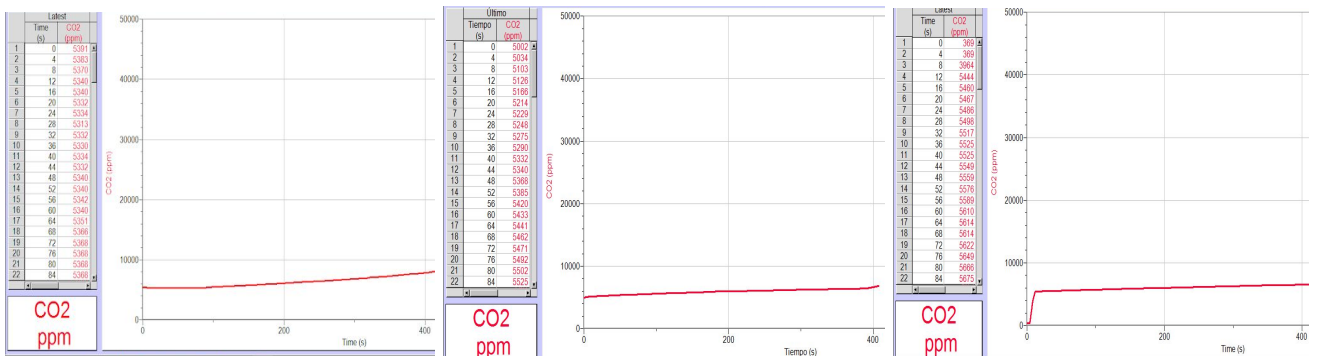
### Llevat químic Royal



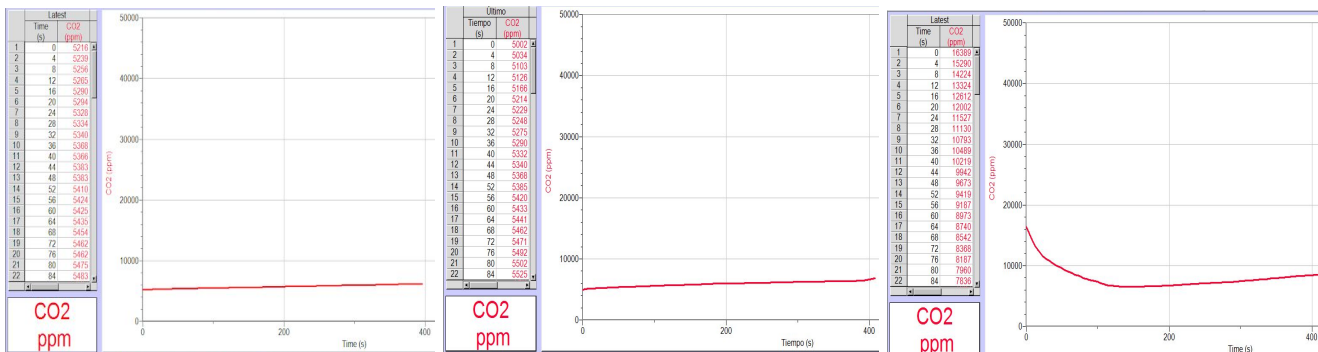
## Llevat químic Belbake



## Llevat deshidratat Vahiné

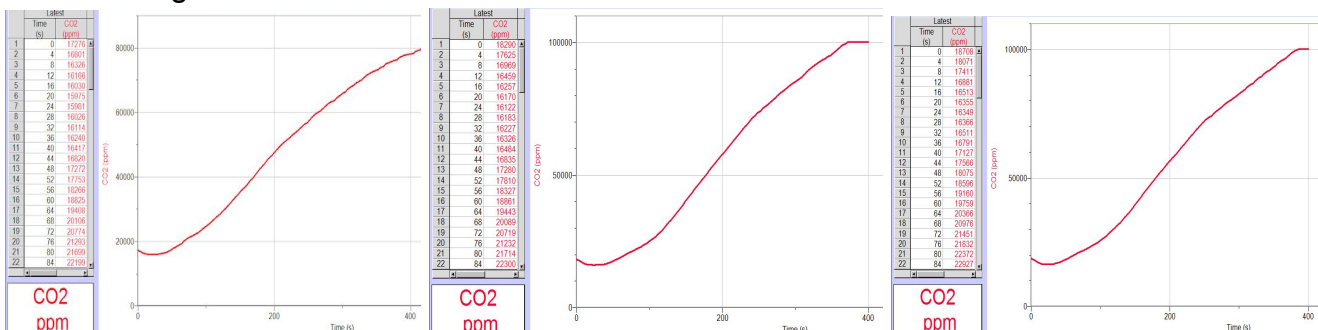


## Llevat fresc Levital

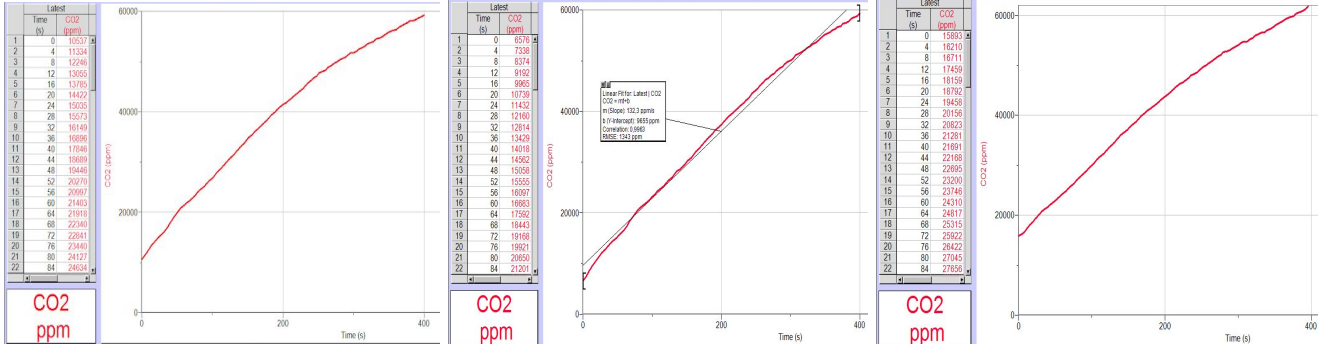


## Experiment 4:

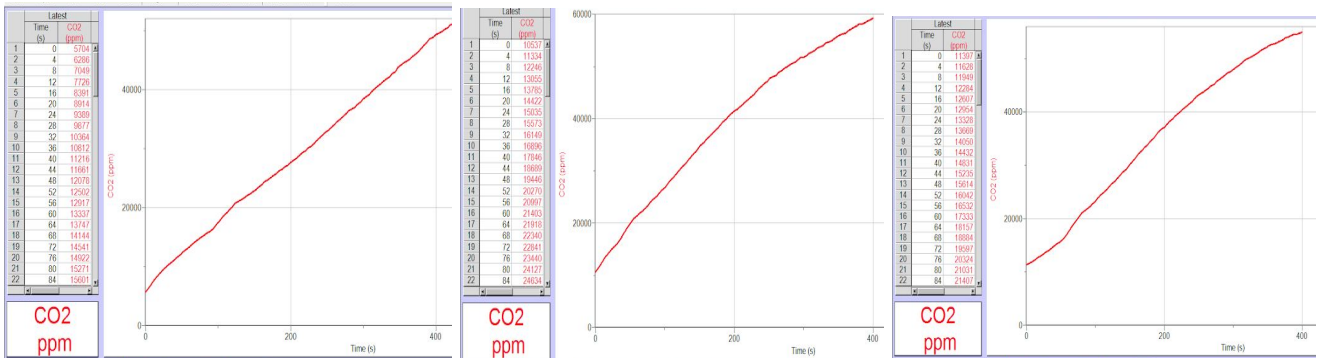
### Sacarosa 1 g



## Sacrosa 0,5 g

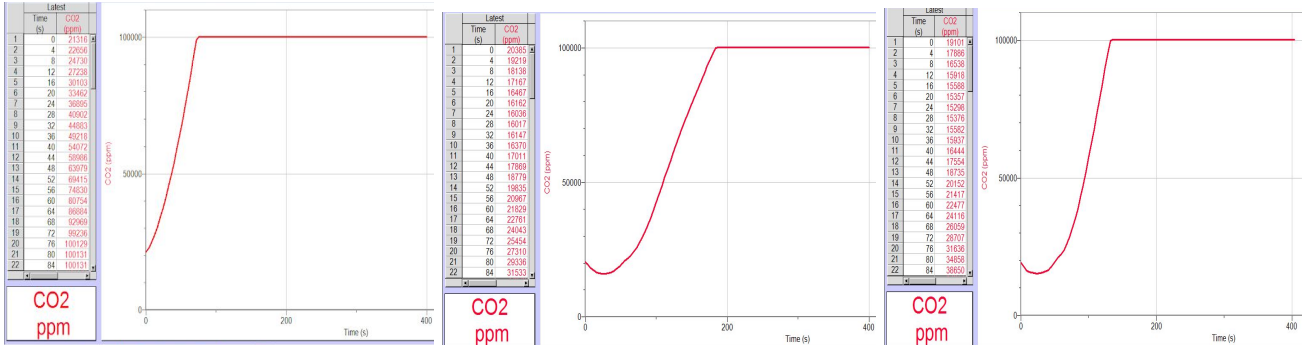


## Sacrosa 2 g

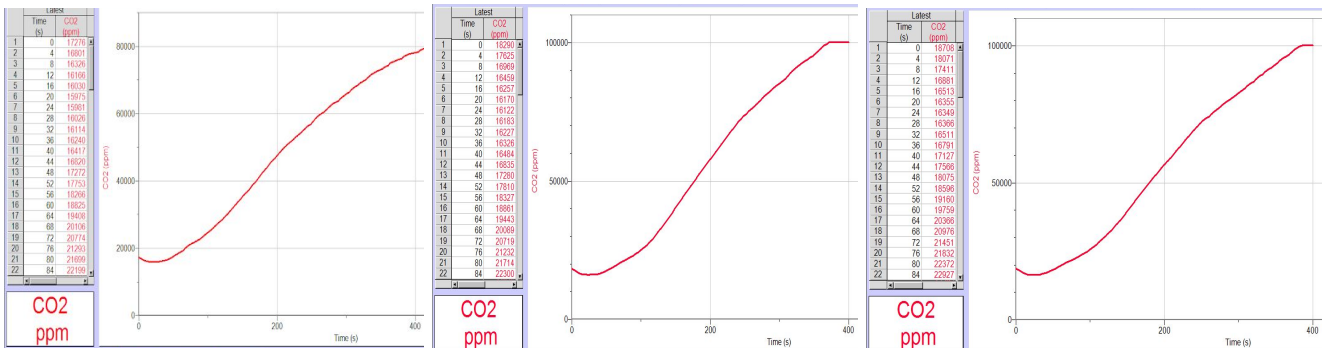


## Experiment 5:

### Llevat Royal 2 g



### Llevat Royal 1 g





# Llevat Royal 0,5 g

